Beginselen van de kennis der Natuur.

EEN LEESBOEK

VOOR DE

Drie Hoogste Klassen der Lagere School,

voor drie jaarkringen bewerkt en gerangschikt

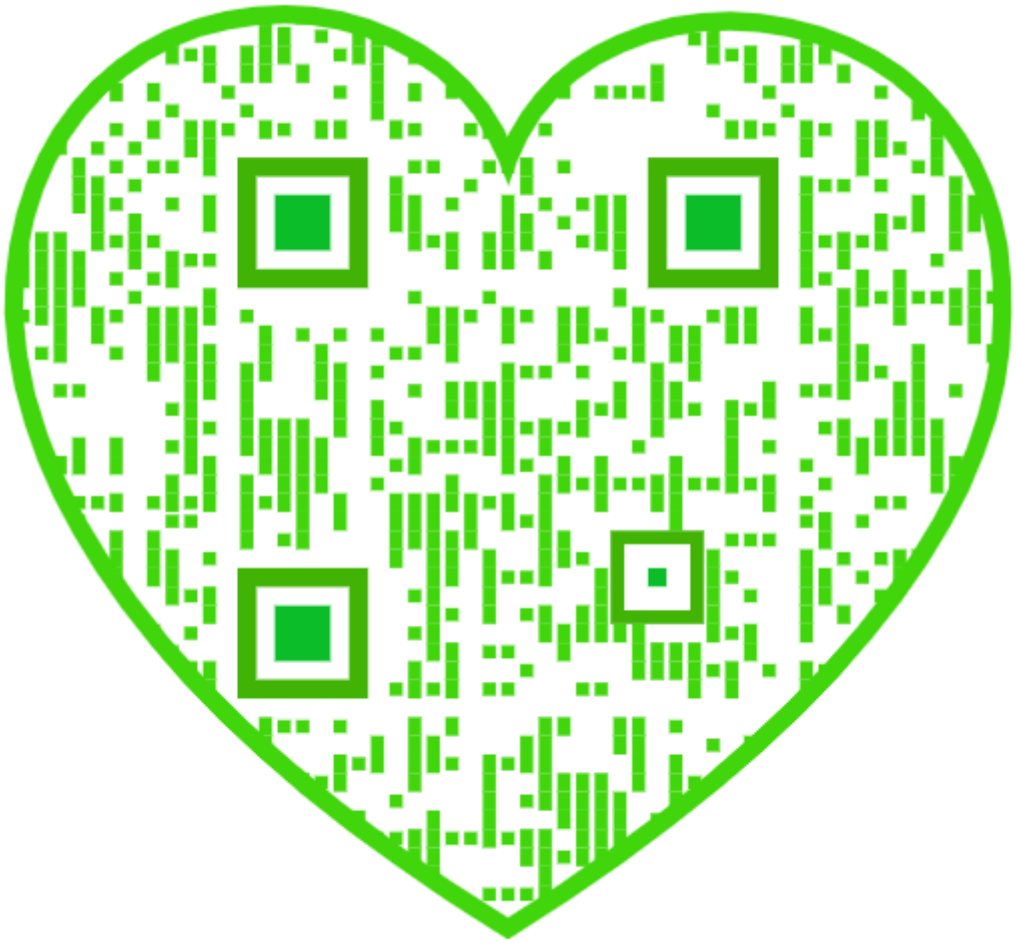
DOOR

P. MOLENBROEK.

DERDE JAARKRING.

Tweede Stukje.

LEIDEN. — A. W. SIJTHOFF.
1886.



Uitgaven van A. W. SIJTHOFF, te Leiden.

H. C. Andersen's Sprookjes, naverteld door J. J. A. Goeverneur, 15 Stukjes.
1. Het denneboompje. — De standvastige tinnen Soldaat. — Het leelijke jonge Eendje. — 2. De Varkenshoeder. — De Springer. — De oude Straatlantaarn. — 3. Ole oogensluiter. — De Nachtegaal. — De Engel. — 4. De laatste droom van den ouden eik. — Ib en Christientje. — Het meisje dat op het brood trapte. — 5. Het vuurslag — 'sKeizers nieuwe kleeren. — Het oude huis. — De gelukkige familie. — 6. De gouden schat. — Het stomme boek. — De tuinman. — Zij deugde niet. — 7. De Sneeuwman. — De Ooievaars. — De geschiedenis van het jaar. — Geschiedenis eener moeder. — 8. De grootmoeder. — De kleine Tuk. — De oude grafsteen. — De klokkenkuil. — Het Jodenmeisje. — De stopnaald. — Het kleine meisje met de lucifers. — 9. Een goed humeur. — Anne Liesbet. — Alles op de rechte plaats. — De gelieven. — 10. De boekweit. — De Schaduw. — De hardlooper. — De klok. — Het is stellig zeker! — 11. De Sneeuwkoningin. — 12. Pen en inktkoker. — De kleine zeemeermin. — 13. De tuin van het Paradijs. — Twaalf met den postwagen. — Op den dag van het sterven. — 't Ondeugend jongske. — 14. De groote Klaas en de kleine Klaas. — De herderin en de schoorsteenveger. — Vliermoedertje. — 15. Het kind in het graf. — Eene geschiedenis. — Kinderspel. — De halsboordjes. — Herinnering aan H. C. Andersen. Per Stukje . . . . . *f* 0.3

H. C. Andersen's Sprookjes, opnieuw verteld door J. J. A. Goeverneur, 3 deelen, gebonden. Per Deel . . . . . „ 1.90

H. C. Andersen, De IJsjonkvrouw . . . . . „ 0.45

H. C. Andersen, De Sneeuwkoningin . . . . . „ 1.80

P. J. Andriessen, Evangelie en Friezen . . . . . Ing. *f* 1.60, Geb. „ 1.90

P. J. Andriessen, Erlo de Heidenknaap. . . . . Ing. „ 1.60, Geb. „ 1.90

P. J. Andriessen, De vrouw van de Wolfsgrove . . . . . Ing. „ 1.60, Geb. „ 1.90

P. J. Andriessen, Het hof van Koning Lodewijk. . . . . Ing. „ 1.60, Geb. „ 1.90

P. J. Andriessen, De Republiek in woeling en strijd . . . . . Ing. „ 1.60, Geb. „ 1.90

P. J. Andriessen, De kinderen van den Zoetelaar . . . . . Ing. „ 1.60, Geb. „ 1.90

P. J. Andriessen, Het begin van den strijd . . . . . Ing. „ 1.60, Geb. „ 1.90

P. J. Andriessen, De Bataafsche Republiek . . . . . Ing. „ 1.60, Geb. „ 1.90

P. J Andriessen, De Zoon van Friesland . . . . . Ing. „ 1.60, Geb. „ 1.90

P. J. Andriessen, Geschiedenis van het tijdperk van 25-jarigen Vrede Ing. „ 1.60, Geb. „ 1.90

P. J. Andriessen, Steeds tegengewerkt . . . . . Ing. „ 1.60, Geb. „ 1.90

P. J. Andriessen, Bladen uit de Geschiedenis van ons Vaderland . Ing. „ 1.60, Geb. 1.90

P. J. Andriessen, Lotwisselingen op den Troon. . . . . Ing. „ 1.60, Geb. „ 1.90

Bovenstaande boekjes zullen achtereenvolgend in onderstaande Serie verschijnen.

P. J. Andriessen, De val van een Koningshuis . . . . . Ing. *f* 0.90, Geb. *f* 1.20

P. J. Andriessen, De dageraad van een Keizerskroon . . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

P. J. Andriessen, De Kolossus der 19e eeuw. . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

P. J. Andriessen, De tocht naar Rusland, of het begin van den val van het Keizerrijk, 1812. . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

P. J. Andriessen, Elba en Sint-Helena, of de dubbele val van het eerste Keizerrijk, 1814 . . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

P. J. Andriessen, De strijd tusschen twee groote volken . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

P. J. Andriessen, De Deserteur, of de Fransche Overheersching en Nederlands herstelling, 1810—1813 . . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

P. J. Andriessen, De tamboer bij Quatrebras en Waterloo, of de tweede verlossing van Nederland, 1814—1815 . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

P. J. Andriessen, Koning en Stadhouder, of Nederland gedurende de laatste regeeringsjaren van Willem III 1678—1702. Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

BEGINSELEN VAN DE KENNIS DER NATUUR.

BEGINSELEN VAN DE KENNIS DER NATUUR.

EEN LEESBOEK

VOOR DE

Drie Hoogste Klassen der Lagere School,

voor drie jaarkringen bewerkt en gerangschikt

DOOR

P. MOLENBROEK.

DERDE JAARKRING.

Tweede Stukje.

LEIDEN. — A. W. SIJTHOFF.
1886.

INHOUD.

VIJFDE AFDEELING.

SCHEIKUNDIGE BESTANDDEELEN DER LICHAMEN.

Bladz.

I. Water . . . . . 1.
II. Enkelvoudige en samengestelde lichamen . . . . . 4.
III. Enkelvoudige stoffen . . . . . 8.
IV. Niet-metalen. Zuurstof, stikstof, waterstof . . . . . 9.
V. Vervolg. Koolstof, kiezel, zwavel, phosphoor . . . . . 13.
VI. Ertsmetalen . . . . . 15.
VII. Vervolg: Edele metalen . . . . . 19.
VIII. Roesten. Gisten. Zuurworden. Bederven . . . . . 22.
IX. Scheikundige verwantschap . . . . . 26.

ZESDE AFDEELING.

ELECTRICITEIT EN MAGNETISMUS.

I. Over Electriciteit in 't algemeen . . . . . 30.
II. Mededeeling en werking op afstand. Verdeeling der Electriciteit. Leidsche flesch . . . . . 33.
III. Galvanismus . . . . . 37.
IV. Magnetismus. Electrische Telegraphen. Electrisch licht. De Telephoon . . . . . 41.

ZEVENDE AFDEELING.

DELFSTOFFEN.

I. Over Grondsoorten . . . . . 48.
II. Keisteenen . . . . . 54.
III. Oer. IJzer-erts . . . . . 57.
IV. Ligging der Grondsoorten . . . . . 58.
V. Veranderingen van den Grond . . . . . 63.
VI. Steenen. Steenkolen. Zout . . . . . 66.

ACHTSTE AFDEELING.

PLANTEN.

I. Over Planten in 't algemeen . . . . . 69.
II. Onderscheid tusschen Planten . . . . . 73.

Bladz.
III. Samenstel der Planten . . . . . 75.
IV. Wasdom der plant . . . . . 79.
V. Plantensappen en hun beweging . . . . . 82.
VI. De Planten en de Lucht . . . . . 86.
VII. Leven en sterven van Planten . . . . . 89.
VIII. Bloeien en vruchtdragen der Planten . . . . . 91.
IX. Rangschikking der Planten . . . . . 94.

NEGENDE AFDEELING.

DIEREN.

I. Over Dieren in 't algemeen . . . . . 96.
II. Bestanddeelen der Dieren . . . . . 98.
III. Spijsvertering . . . . . 101.
IV. Bloedsomloop en Ademhaling . . . . . 105.
V. Zenuwleven der dieren . . . . . 108.
VI. Bewegingswerktuigen der Dieren . . . . . 114.
VII. Vervolg. Willekeurige en onwillekeurige Bewegingen der Dieren 123.
VIII. Verschillende Tijdperken des dierlijken Levens 127
IX. Rangschlkking der Dieren . . . . . 130.

TIENDE AFDEELING.

DE AARDE ALS GEHEEL.

I. De vorm der Aarde . . . . . 135.
II. Meting van den Aardbol . . . . . 137.
III. Gevolgen van de rondheid der Aarde . . . . . 140.
IV. Vervolg. Vorm en Hoogte van den Dampkring . . . . . 143.
V. Verschijnselen in den Dampkring. Wind . . . . . 146.
VI. Vervolg. Wolken; Regen . . . . . 151.
VII. Sneeuw; Hagel; Dauw; Rijp; IJzel . . . . . 155.
VIII. Over Onweder . . . . . 160.

ELFDE AFDEELING.

DE STERRENHEMEL.

I. Dagelijksche Beweging . . . . . 167.
II. Nadere Beschouwing van de Beweging der Zon . . . . . 170.
III. De Beweging en Schijngestalten der Maan. Eclipsen . . . . . 174.
IV. Vorm en afmetingen van de Loopbaan van Zon en Maan. Grootte dier Lichamen zelven . . . . . 178.
V. De Zon staat stil, de Aarde beweegt zich . . . . . 182.

VIJFDE AFDEELING.

Scheikundige bestanddeelen der lichamen.

I.

Water.

Het verhitten van een lichaam zonder toevoer van dampkringslucht is een middel, waarvan wij ons in vele gevallen kunnen bedienen, om den aard van dat lichaam nader te leeren kennen. Is daartoe een zeer aanzienlijke hitte noodig, dan doet men het in een ijzeren buis, anders kan men een koperen of glazen toestel gebruiken; men bedient zich daartoe veelal van een glazen kolfje, waaraan behoorlijk sluitend een buis wordt bevestigd, die aan de zich ontwikkelende dampen en luchtsoorten de gelegenheid moet geven om uit te stroomen. Een aarden of glazen schaaltje is voldoende, als men alleen wil onderzoeken, welke vaste deelen er na de verhitting overblijven.

Een van de belangrijkste stoffen die men op die wijze onderzocht heeft, is het water. Wij maken in het dagelijksch leven onderscheid tusschen verschillende soorten van water: wij spreken van zeewater, rivierwater, pompwater, regenwater, mineraalwater, en wij weten, dat zij verschillende eigenschappen hebben. Zij zijn onderscheiden in smaak, in reuk, in kleur; de eerste soort is niet geschikt om gedronken te worden, de overige soorten wel; voor het koken van sommige

spijzen, voor het brouwen van bier, maakt het een groot verschil of wij pomp- of regenwater gebruiken. Als men in pompwater zeep doet, schift de zeep, en er vormen zich vlokken; in regenwater gebeurt dit niet. Vanwaar die verschillen tusschen water en water? Dit zal door het volgende blijken.

Als men water in een kolfje boven vuur hangt, ziet men er in den beginne lucht uit voor den dag komen; wat later begint het water te koken, het verandert in stoom, die ontwijkt. Zetten wij nu de verhitting voort tot al het water verstoomd is, dan blijft er bijkans altijd een vaste stof over die aan den bodem van het kolfje blijft hechten. Dat men die vaste stof in het water niet zien kan, moet daaraan worden toegeschreven, dat zij er in opgelost is, evenals suiker of zout er in opgelost wordt, wanneer wij er dat opzettelijk in doen. Men moet die vaste stof niet verwarren met de zichtbare vezeltjes die dikwijls in het water zweven, en dus onderscheid maken tusschen opgelost zijn en zweven; de laatste alleen maken water troebel en vuil. Water, zooals het voorkomt, bevat dus, behalve eigenlijk water, nog een vaste stof. Wil men zuiver water hebben, dan geeft ons het aangevoerde het middel aan de hand om het te verkrijgen: men behoeft dan den stoom, die uit gewoon water opstijgt, maar op te vangen en af te koelen. Men gebruikt hiertoe een ketel, die van boven in een buis uitloopt; de stoom, door die buis heen stroomende, geeft daaraan zijn warmte af, en gaat weder in water over, dat bij druppels aan het uiteinde van die buis uitkomt. Men noemt dat overhalen, ook distilleeren, welk laatste woord in het Nederlandsch afdruppelen beteekent. Terwijl intusschen de stoom bekoelt, wordt de buis warm, en zou al spoedig zoo warm worden, dat zij den stoom niet genoeg meer zou afkoelen om weder tot den staat van water over te gaan; daarom wordt die buis zelve gelegd in een kuip met koud water, waaraan zij gedurig de warmte die zij van den stoom ontvangt, kan afgeven. Wordt dit water ook te warm, zoodat het niet verder tot afkoeling dienen kan, dan tapt men het uit de kuip af, en vult deze weder met koud water aan.

Het op die manier door overhalen verkregen water, hetgeen men ook gedistilleerd water noemt, is kristalhelder, heeft kleur, reuk noch

smaak, om welke laatste eigenschap het juist niet aangenaam is om te drinken; gekookt water komt daarmede zeer overeen. Het is dit zuivere water, waarmede men andere stoffen vergelijkt, als men zegt, dat zij zwaarder of lichter zijn dan water.

Van de gewone watersoorten die in de natuur voorkomen, heeft regenwater de meeste overeenkomst met zuiver water. Verstoomt men dit, dan vindt men bijna geen overschot van vaste stof; maar het bevat een hoeveelheid lucht, die onder het nedervallen als regen daarin is opgenomen, en juist die lucht maakt het aangenamer voor den smaak dan gedistilleerd water. Regenwater is ook niet ongezond, mits het op de daken der huizen, in de goten en pijpen waarin het geleid en naar beneden gekomen is, of in den regenbak waarin het bewaard wordt, geen schadelijke vreemde stoffen opgelost heeft. Dikwerf gebeurt het, als het lang in looden goten gestaan heeft, dat er looddeelen in aanwezig zijn, die het voor de gezondheid hoogst nadeelig maken.

Rivier- en pompwater bevatten meer vaste stof opgelost dan regenwater. Rivierwater is met den bodem en de oevers van de rivier in aanraking geweest, en heeft daardoor gelegenheid gehad, stoffen, die in den grond van dien bodem en in die oevers aanwezig zijn, op te nemen. Pompwater is water hetgeen den grond ingezakt is, en door een pomp opgevoerd is geworden. In het pompwater van elke plaats vindt men dus stoffen die daar in den grond voorhanden zijn; bevinden er zich nu op verschillende plaatsen verschillende stoffen in den grond, dan zal het pompwater ook verschillen, en dat leert de ervaring, daar men op de eene plaats smakelijk en gezond pompwater heeft, terwijl het op andere plaatsen ondrinkbaar is.

Een L. pompwater laat bij verdamping niet meer dan $1\frac{1}{2}$ G. aan vaste deelen na. Maar vult men achtervolgens denzelfden ketel herhaalde malen met water, dan zal elke hoeveelheid hare vaste stof achterlaten, en zoo zal de ketel eindelijk inwendig met een dikke korst bedekt worden; dit heeft bij ketels van stoomwerktuigen plaats, waarin pompwater verstoomd wordt.

In zeewater vindt men een veel grooter hoeveelheid vaste stof: 1000 G. zeewater leveren bij verdamping gewoonlijk 36 à 40

G. vaste stof, welke voor $^2/_3$ gedeelte niet anders is dan gewoon keukenzout. Dit wordt ook inderdaad op vele plaatsen bereid, door zeewater te laten verdampen, en de overblijvende stof te zuiveren van vreemde bijmengsels. Door de groote hoeveelheid vaste stoffen, die in zeewater opgelost zijn, is zeewater zwaarder dan rivierwater; vandaar dat aan den mond eener rivier het rivierwater zich over het zeewater heen verspreidt, en men het dikwerf nog op een grooten afstand in zee daarboven aantreft; door de daarin zwevende stoffen gekleurd, laat het zich meestal aan die kleur herkennen, zoolang het niet met zeewater gemengd is. Mengt zich zeewater met rivierwater of met water van binnenzeeën, dan wordt het minder zout, en dit mengsel geeft men wel eens den naam van brak water.

Evenals de vaste stof die in verschillende soorten van water gevonden wordt, niet overal dezelfde is, heeft nauwkeurig onderzoek geleerd, dat ook de lucht die er bij koking uit te voorschijn komt, niet overal van gelijken aard is. Er zijn enkele plaatsen op aarde, waar het water dat uit den grond opborrelt, zeer veel lucht bevat; somtijds is die lucht dezelfde welke wij koolzuur genoemd hebben, somtijds een andere zeer onaangenaam riekende luchtsoort, overeenkomende met die welke uit vuile eieren ontstaat. Ook zijn er bronnen waarvan het water vaste stoffen opgelost houdt, die in water gewoonlijk niet voorkomen. Zulke watersoorten noemt men minerale wateren, en men onderscheidt ze door den naam der plaats waar zij gevonden worden.

II.

Enkelvoudige en samengestelde lichamen.

Wij hebben gezien, dat vele lichamen, als zij verhit worden, veranderen in lichamen die geheel andere eigenschappen hebben; dat de verandering die daarbij plaats heeft, van tweeërlei aard is, dat zij namelijk òf in een scheiding bestaat, òf in eene verbinding; het laatste is dan het geval, als de stof die verhit wordt, in aanraking

is met dampkringslucht. Dit geeft ons aanleiding, om de lichamen die ons omringen, te verdeelen in twee afdeelingen: in dezulke die àl, of niet in ongelijksoortige bestanddeelen kunnen gescheiden worden. De eersten noemt men samengestelde, de anderen enkelvoudige lichamen. De scheiding waarvan wij spreken, onderscheidt zich van de verdeeling van lichamen door snijden, fijnstampen of malen daarin, dat bij deze bewerkingen het geheel verdeeld wordt in deelen, die gelijke eigenschappen hebben als het geheel waaruit zij verkregen zijn, terwijl hier de bestanddeelen onderling verschillende eigenschappen hebben, en deze ook weder verschillen van die van het lichaam waaruit zij ontstaan zijn. De kalksteen heeft andere eigenschappen als de kalk en het koolzuur, welke uit dien steen door verhitting ontstaan; de lucht die uit verbranding van houtskool ontstaat, heeft andere eigenschappen als de houtskool zelve, en ook andere eigenschappen als de lucht, die zich met de houtskool vereenigd heeft.

Wij zagen verder, dat alle stoffen uit het dieren- en plantenrijk samengestelde lichamen zijn. Ook van vele andere lichamen heeft men onderzocht, of zij tot de samengestelde behooren of niet. Dat sommigen door verhitting zich niet laten scheiden in ongelijksoortige bestanddeelen, hebben wij ook reeds gezien; maar er zijn nog meer middelen, om lichamen scheikundig te ontleden, gelijk men het noemt, en eerst wanneer wij die alle op een zeker lichaam te vergeefs hebben beproefd, en het gebleken is, dat door geen van die middelen het lichaam heeft kunnen gescheiden worden, mogen wij dat lichaam voor enkelvoudig houden.

Een zeer eenvoudig middel om vele stoffen van eigenschappen te doen veranderen, bestaat in het toevoegen van een andere stof. Als wij water gieten op gebranden kalk, zagen wij dat er veel warmte wordt opgewekt. Hierbij hebben tegelijk andere verschijnselen plaats. Terwijl door de ontstane hitte een gedeelte van het water als waterdamp vervliegt, zien wij de stukken kalk scheuren, uiteenvallen en eindelijk geheel tot een poeder overgaan. Is er niet te veel water bijgevoegd, dan is dit poeder een volkomen droge stof, waarin de aanwezigheid van water volstrekt niet te bespeuren is. Het neemt veel meer ruimte in dan de gebrande kalk deed. Wij noemen het

dan gebluschten kalk, en hij wordt in dien toestand gebruikt om er mede te metselen. Wat voorstelling wij ons maken moeten van hetgeen er bij het blusschen van den kalk gebeurt, wordt duidelijk, zoodra wij de weegschaal te hulp nemen. Wegen wij eerst den gebranden kalk, later den daaruit ontstanen gebluschten kalk, dan vinden wij, dat de laatste bijna $\frac{1}{4}$ zwaarder is; het is dus een verbinding van kalk en water. Doet men er meer water bij, dan heeft er geen verdere warmte-ontwikkeling plaats; het is dan geen vereeniging meer, maar een menging, en 't wordt dan een brij, die geschikt is om er mede te metselen. Dit meerdere water kan er door een zachte verwarming weder uit verjaagd worden, hetgeen niet het geval is met die eerste hoeveelheid, welke den gebranden kalk in gebluschten kalk heeft veranderd.

Giet men azijn op kalksteen, dan heeft er een ontwikkeling van koolzure lucht plaats, maar de kalksteen verdwijnt daarbij, gedeeltelijk althans, langzamerhand in het vocht. Heeft men te voren den azijn en den kalksteen ieder afzonderlijk gewogen, en weegt men nu, nadat alle luchtontwikkeling heeft opgehouden, kalksteen en azijn te zamen, dan vindt men een vermindering in gewicht; deze wordt blijkbaar veroorzaakt door het uitdrijven der koolzure lucht. Dampen wij voorts het vocht uit, dan houden wij een vast lichaam over; het vocht is dus een oplossing geweest, evenals water waar zout in gedaan is, en waarin dat zout onzichtbaar wordt. Weegt men nu ook de vaste deelen die na de uitdamping overblijven, dan zou men verwachten, dat die minder wogen dan de kalksteen, omdat het koolzuur uit den kalksteen is weggegaan, en dus alleen de kalk is overgebleven: maar men vindt integendeel een gewicht dat nog grooter is dan dat van den gebruikten steen, en somtijds zelfs de helft zwaarder. De kalk moet zich dus, na zijn scheiding van het koolzuur, weder met een andere stof verbonden hebben. Er hebben derhalve bij deze onze proef achtervolgens drie veranderingen plaats gegrepen: eerst een scheiding, daarna een verbinding, en eindelijk is het samengestelde lichaam, terwijl het zich vormde, dadelijk in het vocht opgelost. Hetgeen hier gebeurt, heeft ook in vele andere gevallen plaats. Als wij bij een lichaam dat uit twee stoffen is samengesteld, een derde voegen, ge-

beurt het dikwerf, dat een van de twee bestanddeelen het andere loslaat, en zich met het derde lichaam verbindt. Het bijvoegen van die derde stof is dan een middel, om het lichaam in zijn ongelijksoortige bestanddeelen te scheiden, en een dier bestanddeelen afzonderlijk te verkrijgen.

Is het bloote bijeenvoegen niet toereikende om die scheiding te bewerkstelligen, zoo gelukt het dikwijls, als men de samengevoegde lichamen verwarmt. Stoffen, die koud geen werking op elkander hebben, werken dikwerf wel op elkander, als zij heet zijn. Een belangrijk voorbeeld daarvan hebben wij in het water en ijzer. Als men in een ijzeren of aarden buis ijzerdraad of ijzervijlsel doet, de buis in een kachel legt, en gloeiend stookt, en er den stoom van water doorheen drijft, verandert het ijzer in die stof welke wij als ijzerroest kennen, en te gelijker tijd verkeert de waterdamp in een luchtsoort. Weegt men naderhand het ijzerroest, dan is het zwaarder dan het ijzer tevoren was; er heeft dus een verbinding plaats gehad. Vangt men de luchtsoort op, en weegt men die, dan vindt men, dat haar gewicht minder is, dan dat van het water dat als stoom door de gloeiende buis heengegaan is, en wel juist zóóveel minder als het ijzer zwaarder geworden is. Wij moeten daaruit besluiten, dat het water gescheiden is geworden in een bestanddeel dat zich met het ijzer verbonden heeft, en in een ander dat zich als luchtsoort aan ons vertoont. Water is dus een samengestelde stof. Brengt men bij een glas dat met de verkregen luchtsoort gevuld is, een zwavelstok, dan verbrandt die lucht dadelijk met een zeer weinig licht gevende vlam. Zij komt dus in brandbaarheid overeen met de lucht of het gas dat uit steenkolen gestookt wordt, maar verschilt hierin, dat zij bijna geen licht geeft; het is namelijk zuivere brandbare lucht, die geen vreemde stoffen en dus ook geen koollichaampjes bevat. Zij is dan ook veelmalen lichter dan het steenkolengas, trouwens zij onderscheidt zich van alle andere luchtsoorten door hare buitengemeene ijlheid. Veertien en een halve kubieke d.M. zuivere brandbare lucht wegen omstreeks zooveel als één kubieke d.M. dampkringslucht. Omdat zij uit water ontstaat, noemt men ze gewoonlijk waterstofgas of enkel waterstof.

III.

Enkelvoudige stoffen.

Door proeven, van dien aard als wij hiervoor hebben opgegeven, is het gebleken, dat alle ons omringende lichamen kunnen ontbonden worden in een niet groot getal bestanddeelen, die niet weder gescheiden kunnen worden, en die men dus tot nog toe als enkelvoudige stoffen beschouwt.

Men pleegt die enkelvoudige stoffen in twee groote hoofdgroepen in te deelen, te weten: in niet-metalen en metalen. De laatste kenmerken zich door ondoorzichtigheid en een eigenaardigen glans, behalve hierdoor dat zij, als zij door smelten of hameren tot een samenhangende massa gebracht zijn, de warmte en de electriciteit, waarover in het volgende Hoofdstuk, gemakkelijk geleiden: eigenschappen die de overige grondstoffen bijna gansch en al missen.

Tot de niet-metalen behooren: zuurstof, stikstof, waterstof, koolstof, kiezel, zwavel, phosphoor.

Van de ertsmetalen komen vooral in aanmerking: ijzer, zink, koper, lood, tin. Tot de edele metalen worden gerekend kwik, zilver, goud, platinum.

Behalve de opgenoemde 16 grondstoffen zijn er ten minste nog wel 47 meer, die echter zelden voorkomen en daardoor veel minder volledig, wat hare eigenschappen betreft, bekend zijn; wij gaan ze daarom hier met stilzwijgen voorbij, ons bepalende tot die welke meest als bestanddeelen der lichamen worden aangetroffen.

Tot heden kennen wij dus minstens 63 elementen, waaruit de gansche stoffelijke wereld is opgebouwd, de bewerktuigde natuur, planten en dieren, zoowel als de onbewerktuigde. In de eerste spelen vooral de zuurstof, water, stikstof en koolstof een hoofdrol, die door hare tallooze verbindingen een menigte van lichamen opleveren, welke men vroeger meende dat bij uitsluiting aan het leven hun ontstaan te danken hadden, omdat men ze wel vermocht te ontbinden, maar

niet in staat was ze weder saam te stellen uit de bekend geworden grondstoffen. Vandaar een verdeeling der scheikunde in onbewerktuigde en bewerktuigde scheikunde. De klove tusschen die beide onderdeelen is echter in onzen tijd veel minder geworden, nu het gelukt is, onderscheiden bewerktuigde (organische) lichamen in de scheikundige werkplaats te vervaardigen.

IV.

Niet-metalen. Zuurstof, stikstof, waterstof.

Zuurstof heet de luchtsoort, die te vooschijn komt uit salpeter, als deze sterk verhit wordt. Het is een luchtsoort zonder kleur of reuk, evenals de gewone lucht waarin wij leven. Een kubieke d.M. zuurstof weegt maar weinig meer dan een kubieke d.M. gewone lucht, of met andere woorden, het soortelijk gewicht van zuurstof gaat dat van gewone lucht maar even te boven. De zuurstof onderscheidt zich van deze daardoor, dat de brandende lichamen daarin veel helderder branden; dat een glimmende zwavelstok er op nieuw vlam in vat. Als houtskool in zuurstof verbrandt, ontstaat de luchtsoort waaraan wij den naam van koolzuur hebben gegeven; dat is derhalve een verbinding van kool met zuurstof. Daar diezelfde luchtsoort nu ook gevormd wordt uit kool, die in gewone lucht verbrandt, is dat een bewijs, dat in gewone lucht ook zuurstof aanwezig is. Die aanwezigheid blijkt mede bij de verbranding van andere stoffen; of wij zwavel, hout, enz. in de gewone of in zuurstoflucht verbranden, telkens leveren zij dezelfde nieuwe stoffen op. Dit geldt insgelijks van de metalen; ijzerroest, koperzwart, zinkbloemen, menie, zijn gebleken verbindingen te zijn van ijzer, koper, zink en lood met zuurstof. Zuurstof is mede een bestanddeel van water: wij zagen namelijk reeds, dat, als waterdamp over gloeiënd ijzer heenstroomt, dit in ijzerroest verandert; hij heeft dus zuurstof aan het ijzer afgegeven, waaruit blijkt dat in water zuurstof en waterstof met elkander verbonden zijn.

Dat dampkringslucht en zuurstof niet geheel en al hetzelfde zijn,

blijkt uit het verschil dat wij opmerken, wanneer in beide luchtsoorten dezelfde stof brandt; wij moeten daaruit besluiten, dat in dampkringslucht nog een andere stof aanwezig is behalve zuurstof. Dit blijkt ook, als men, zooals wij reeds in de les over verbranding gezien hebben, phosphoor verbrandt; phosphoor is die stof, waarmede de lucifers gemaakt worden, en die de eigenschap heeft van, zoodra zij gewreven wordt, te ontvlammen. Laat men een stukje van dien phosphoor branden in een klok met zuurstoflucht, die op een schotel met water staat, dan verdwijnt al de lucht; al de zuurstof verbindt zich dus met den phosphoor: laat men hem daarentegen in een klok met gewone lucht branden, dan verdwijnt slechts $\frac{1}{5}$ gedeelte der lucht, en de overblijvende phosphoor brandt niet meer voort, ofschoon er nog $\frac{4}{5}$ van de lucht onder de klok aanwezig is. Evenzeer als de phosphoor daarin niet langer branden wil, zien wij er ook een brandenden zwavelstok en een kaars terstond in uitgaan. Die overgebleven lucht is dus een andere lucht dan zuurstof, en onderscheidt zich hierdoor, dat er geen verbranding in plaats kan hebben; men heeft in die lucht levende dieren gebracht, en daarbij gezien, dat zij er spoedig in stikken. Men noemt ze daarom stikstof of stikstoflucht. Bij de opgegeven proef moet men juist phosphoor onder de klok brengen en niet een ander brandend lichaam, geen kool bijv., omdat juist de verbinding, van phosphoor met zuurstof, die ontstaat, een vaste stof is, die naar beneden zakt; de verbinding daarentegen van kool met zuurstof is wederom een luchtsoort, het koolzuur namelijk. Wij zouden dus nog in het onzekere verkeeren, of de lucht, die na de verbranding in de klok bleef, alleen door de verbranding gevormd geworden, of dat het een mengsel ware van deze met de lucht, die te voren reeds aanwezig was. Beide luchtsoorten, de stikstof en het koolzuur, hebben kleur noch reuk; in beide gaat een brandend lichaam uit, in beide stikt een dier. Dat zij intusschen niet een en dezelfde soort van lucht zijn, blijkt uit andere kenteekenen, waardoor zij zich van elkander onderscheiden. Vooreerst als wij ze wegen. Vult men een flesch eerst met het eene, en dan dezelfde flesch met het andere gas, dan bevindt men het koolzuur veel zwaarder; weegt men ook die flesch gevuld met dampkringslucht, dan blijkt het dat

deze weinig zwaarder dan de stikstoflucht, en dus ook veel lichter dan koolzuur is. Men kan daarom koolzuur uit het eene glas in het andere overschenken, evenals men water overschenkt; want zij zinkt in het glas naar beneden, en verdringt daaruit de lichtere gewone lucht. Verder is het nog uit geen proeven gebleken, dat stikstof kan gescheiden worden; koolzuur daarentegen laat zich in kool- en zuurstof ontleden; koolzuur ook kan met andere stoffen verbonden worden waarmede stikstof zich niet verbindt, bijv. met gebranden kalk. Laat men in een glas waarin kalk is, koolzuur instroomen, dan vormt zich koolzure kalk, dat is dezelfde stof, waaruit wij den kalk door branding hebben afgescheiden. Er zijn dus zoowel samengestelde als enkelvoudige luchtsoorten. Tot de eerste behoort het koolzuur, tot de laatste behooren de zuurstof, stikstof en waterstof. Ook de brandbare luchtsoort die tot verlichting gebezigd wordt, is gebleken samengesteld te zijn; men heeft ze gescheiden in kool- en waterstof, en men noemt ze daarom koolwaterstofgas.

Wij hebben gezien, dat waterstof uit water ontwikkeld wordt, als waterdamp langs gloeiend ijzer heenstrijkt. Om het op die wijze te verkrijgen, heeft men vuur en een ijzeren of aarden buis noodig. Op een veel gemakkelijker manier verkrijgt men het aldus. Men neemt (Fig. 1) een flesch; men doet daar stukjes zink in en giet er zwavelzuur gemengd met water op. Daarna zet men een goed sluitende kurk op de flesch, door welke een omgebogen buis a a a heengaat, en men brengt het andere einde van die buis onder een omgekeerd glas, dat met water gevuld op een schaal met water geplaatst is. Van stonden aan begint het vocht in de flesch te bruischen, door luchtbellen die uit het zink schijnen voort te komen, en die zich weldra door de buis heen in het omgekeerde glas verzamelen. Dit is niet anders dan waterstofgas; het zuur wordt hier ontbonden. Het zink neemt de plaats der waterstof in het verdunde zuur in, terwijl die waterstof

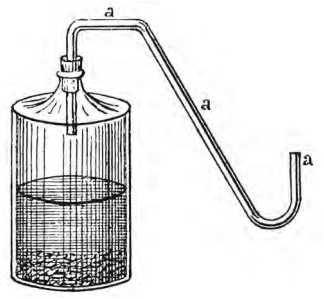


Fig. 1.

uit de flesch ontwijkt. Als water in zuurstof en waterstof gescheiden wordt, geven 9 K.G. water steeds 8 K.G. zuurstof en 1 K.G. waterstof. Het gewicht van de zuurstof is dus veel grooter dan dat van de waterstof; dat meerdere gewicht van zuurstoflucht beslaat daarentegen een ruimte, die maar half zoo groot is als die, welke de waterstoflucht inneemt; dit is een gevolg hiervan, dat zuurstof wel 16 malen zoo zwaar is als waterstof. De groote ijlheid van dit gas maakt het zeer geschikt om er luchtbollen mede te vullen. Een kubieke M. dampkringslucht weegt bijna 13 H.G. Een kubieke M. waterstof nog niet 1 H.G.; wanneer dus de stof, waaruit een bol van dien inhoud vervaardigd is, bijv. 6 H.G. weegt, zal de gevulde bol nog geen 7 H.G. wegen, en evenveel ruimte innemen als 13 H.G. dampkringslucht; de bol is dus lichter dan de lucht die hij verplaatst, en wordt daarom, wanneer men hem loslaat, door de omringende dampkringslucht opgestuwd.

Als waterstof aangestoken wordt en verbrandt, verbindt zij zich weder met de zuurstof der dampkringslucht, en vormt waterdamp. Dat dit werkelijk het geval is, bemerkt men duidelijk, als men boven de vlam een omgekeerd glas houdt, waartegen de waterdamp die gevormd wordt, spoedig aanslaat en in druppels afloopt. Evenals hier door de verbranding water ontstaat, heeft dit ook plaats bij verbranding van het verlichtings-gas, omdat het mede waterstof bevat, insgelijks bij verbranding van steenkolen, olie en in 't algemeen van alle dierlijke en plantenstoffen, als waarvan evenzeer waterstof een bestanddeel is.

Dat het verlichtings-gas door verbranding water voortbrengt, bevestigt de opmerking, dat in een niet ruim vertrek, waar men een tijd lang een gasvlam laat branden, sommige voorwerpen vochtig worden.

Als men op een aangestoken lamp een glazen schoorsteen zet, ziet men het glas eenige oogenblikken beslaan. Deze aanslag vertoont zich niet aan de buitenzijde, maar aan de binnenzijde van het glas, dus juist dáár, waar de lucht door de hitte der vlam verwarmd wordt. Hij laat zich derhalve kwalijk verklaren op de wijze, waarop wij vroeger van dat verschijnsel rekenschap gaven. Dan toch moest het glas afgekoeld worden, en het tegenovergestelde heeft plaats. Het is hier de

uit de vlam stroomende waterdamp, die tegen het nog niet verhitte glas neerslaat; maar weldra wordt het glas ook heet, en de aanslag trekt op zoo als men zegt.

De waterdamp, die uit een goed brandend vuur ontstaat, bemerkt men dagelijks, dat boven uit den schoorsteen opstijgt; de rook, die daaruit komt, is meestal wit van kleur, het is de zichtbare wasem, waarin de waterdamp door vermenging met de koudere dampkringslucht overgaat. Wij moeten dien witten rook wél onderscheiden van den zwarten rook, die uit een slecht brandend vuur oprijst; deze is een mengsel van wasem met onverbrande deeltjes der brandstof, die, door de hitte in kool veranderd, de zwarte kleur aan den wasen geven; het zijn vaste lichaampjes, die veel zwaarder zijn dan lucht, en daarom op eenigen afstand van den schoorsteen weder naar beneden zakken.

V.

Vervolg. Koolstof, kiezel, zwavel, phosphoor.

De koolstof wordt in de natuur geheel zuiver en als kristal aangetroffen in den diamant. De voornaamste plaatsen waar men den diamant vindt, zijn de Oost-Indiën, voornamelijk het eiland Borneo, wijders Brazilië. De ruwe diamant heeft een oneven bijkans ondoorschijnende oppervlakte, en moet gekliefd worden om den regelmatigen kristalvorm voor den dag te doen komen. Hij kan niet anders geslepen worden van wege zijn hardheid dan met diamantpoeder; men weet waartoe de glazenmakers hem aanwenden, om namelijk glas door te snijden.

Op een andere wijs gekristalliseerd, in de gedaante van kleine over elkander geplaatste schubben, die te zamen een glanzende massa uitmaken, komt de koolstof in de natuur voor als graphiet, in het gewone leven zeer ten onrechte met den naam van potlood bestempeld.

De kiezel, het hoofdbestanddeel der keiën, vindt men overal in de natuur verspreid, altijd evenwel met andere lichamen verbonden,

met zuurstof bijv. als bergkristal, kwarts, zandsteen en meer. Scheikundig kan zij zuiver worden verkregen, zelfs in kristallen, die eenige overeenkomst hebben met diamant- of potloodkristallen.

De zwavel wordt overal aangetroffen, zoowel vrij als in verbinding met metalen onder de benamingen van glans, kies of blende, of in zoogenoemde zouten, waarover nader, in gyps bijv., zwaarspath en meer. Bij de gewone temperatuur is de zwavel een vast lichaam. Verhit men ze tot 111°, dan gaat zij, zonder vooraf week te worden, plotseling tot een vloeistof over, zoodat men ze omgekeerd uit den gesmolten toestand, door bekoeling, in kristallen kan verkrijgen, dat best in een aarden kroes geschiedt.

Die kristallen zijn goud-geel en geheel doorzichtig, maar blijven dat, aan de lucht blootgesteld, niet lang. Allengs worden zij dof en beginnen te verpoederen, waarbij men tevens bespeurt, dat de stukjes die loslaten, tot een ander kristalstelsel behooren dan de vroegere staafjes, hetzelfde stelsel namelijk, waarin men de zwavel in de natuur gekristalliseerd aantreft, en waarin de kristalletjes aanschieten die men uit oplossingen van zwavel in sommige vluchtige vloeistoffen, zwavelkoolstof bijv., verkrijgt.

Als men de reeds gesmolten zwavel al meer en meer verwarmt, wordt zij van helder geel dat zij eerst was, al donkerder tot bruin en bijna zwart toe, daarbij aanvankelijk minder en minder vloeibaar; bij 200° zelfs zoo taai, dat zij, als men de smeltkroes het onderste boven houdt, er niet uitvalt. Stookt men nu nog harder, zoo wordt zij weer dunner, en begint bij 440° te koken. Zij kan dan gedistilleerd of overgehaald worden, dat in het groot geschiedt in ketels van gegoten ijzer. De geelbruine zwaveldamp rijst daaruit op en zet zich als een fijn kristallijn poeder, zwavelbloemen geheeten, in het bovendeel der zoogenaamde kamer aan, maar smelt spoedig weer door de daarin ontstane hitte, waardoor langzamerhand de aldus gezuiverde zwavel in vloeibaren toestand op den bodem der kamer zich verzamelt, waaruit zij in vochtige houten vormen afgetapt, en vervolgens stollende, die gedaante aanneemt waarin zij in den handel voorkomt. Koelt men de tot 200° verhitte massa snel af, zoo blijft zij vooreerst week, doorschijnend, roodachtig geel en taai, en wordt eerst na ver-

loop van eenige dagen hard, vast en geel. Zij is daardoor uitnemend geschikt om afdruksels van munten, medailles, gegraveerde steenen enz. te vervaardigen.

De phosphoor, een lichaam dat fabriekmatig uit beenderasch bereid wordt, komt in den handel gewoonlijk in den vorm van geelwitte staafjes voor, die doorgaans in water bewaard worden, en daaruit genomen en afgedroogd, voortdurend met een in het duister lichtenden rook zijn omgeven. Wegens de ongemeene brandbaarheid van den phosphoor, kan men er niet te voorzichtig mede omgaan. De minste drukking of wrijving kan hem doen ontvlammen, en de brandwonden er door veroorzaakt, liggen diep en genezen moeielijk. Hij smelt bij 44°3, onder aanzienlijke uitzetting, tot een doorschijnende het licht sterk brekende olieachtige vloeistof, die bij 290° kookt en alsdan in een kleurloos gas overgaat.

Onder de werking van het zonlicht, vooral in de violette stralen, wordt de phosphoor rood gekleurd, welken rooden phosphoor men in groote hoeveelheden kan verkrijgen, door den gewonen phosphoor langen tijd tot een temperatuur van 240—250° te verhitten. Merkwaardig is het groot verschil in eigenschappen, dat er tusschen den gewonen en rooden phosphoor bestaat. Terwijl onder anderen de eerste een zwaar vergif is, is de tweede onschadelijk en ontbrandt ook niet zoo licht, waarom men dezen in later tijd bij voorkeur tot het vervaardigen van lucifers heeft aangewend, ten einde het gevaar daarvan te verminderen.

VI.

Ertsmetalen.

Het ijzer treft men, hoogst zeldzaam evenwel, als rein metaal aan, meest in ertsen met klei en zand vermengd, waaraan men kalk en kool toevoegt, en die men aldus aan een groote mate van hitte blootstelt. Dit geschiedt in zoogenaamde hoogovens, waaruit dan het metaal van onderen in gesmolten toestand wordt afgelaten, terwijl de vreemde zelfstandigheden, de slakken, bovendrijven en van tijd tot

tijd verwijderd worden. Het op die wijze verkregen ijzer heet giet- of ruw ijzer: ofschoon nog zeer onzuiver, van wege de kiezel en koolstof die het bevat, is het bij uitnemendheid geschikt, om er verschillende voorwerpen van te gieten die in de huishouding of in de fabrieken worden gebruikt. Om het verder te zuiveren en er smeedijzer van te maken, moet het nog een andere bewerking ondergaan, hetzij door frisschen in open haarden of door puddelen in vlamovens, waarbij de aangevoerde dampkringslucht met de verontreinigende stoffen verbindingen aangaat, die ontwijken of verwijderd kunnen worden. Het smeedijzer smelt eerst bij de hoogste temperatuur; in de witgloeihitte wordt het zóó week, dat men er door hameren alle verlangde vormen aan geven kan. Het bezit daarbij de zeer merkwaardige en nuttige eigenschap, dat twee witgloeiende stukken zich aan elkander laten wellen of lasschen. Geheel zuiver metaal is intusschen ook het smeedijzer niet. Scheikundig rein als een zwart poeder bereid, verbindt het ijzer, zoodra daarvoor maar gelegenheid is, zich met de zuurstof der lucht, zoodat het hierin uitgestort, dadelijk ontbrandt en in vonken zich verspreidt. Het staal is een verbinding van ijzer met hoogstens één percent koolstof: het onderscheidt zich van het weeke ijzer, door de groote hardheid die het deelachtig wordt bij plotselinge bekoeling na verhitting, welke hardheid men naar believen tempert, door het tot op een bepaalden graad, nu minder evenwel, weer te verwarmen, en vervolgens langzaam te laten bekoelen.

Het zink wordt enkel in ertsen aangetroffen, waarvan de voornaamste zijn de zoogenaamde galmei en de zinkblende; de uitgestrektste lagen dier ertsen vindt men in de nabijheid van Aken, in Silezië en in Engeland. Hetgeen in den handel voorkomt, is nog door menigte van andere metalen verontreinigd, dat echter het geval niet is als het den vorm heeft van dunne platen; dit toch is reeds bijna zuiver, daar het anders het uitpletten en walsen niet had kunnen ondergaan. Het smelt bij een hitte van 412° en kookt reeds op 1040°, waardoor men het bij distillatie of overhaling vrij van de bijgemengde andere metalen verkrijgen kan, mits dat geschiede in een besloten ruimte: want als het zink in de open lucht boven zijn smeltpunt verhit wordt, dan vat het vuur en verbrandt met een witte sterk

licht gevende vlam, witte vlokjes nalatende. De kleur van het zink is blauwachtig wit, en het vertoont op de versche breuk groote glanzende kristalblaadjes. Bij de gewone temperatuur is het broos; wordt even boven de 100° pletbaar en is bij 200° weer broos, zóó zelfs dat men het in een vijzel tot poeder kan stampen. Onbekendheid met die eigenaardigheid van het zink heeft de aanwending daarvan langen tijd in den weg gestaan. De dunne platen, die men er thans met gemak van weet te verkrijgen, strekken tot velerlei doeleinden: alleen tot het vervaardigen van vaten voor voedingsmiddelen mogen zij niet dienen, daar het zink aan de lucht, in aanraking met zelfs zwakke zuren, lichtelijk aangetast wordt en verbindingen vormt die vergiftig zijn.

Koper, een metaal reeds in de vroegste oudheid bekend, komt in de natuur meest voor verbonden met zwavel en ijzer, als zoogenaamd koperkies of bontkopererts (te Fahlun onder anderen in Dalekarlië), en met zuurstof, als roodkopererts (in Cornwallis, Noorwegen en Siberië). Scheikundig zuiver bezit het een helder-geelroode kleur; het donkerroode voorkomen dat het gewoonlijk heeft, moet worden toegeschreven aan een huidje, dat de inwerking van de zuurstof der lucht er al zeer spoedig op doet ontstaan. Het is een bij uitstek pletbaar metaal, en kan in dunne blaadjes uitgeslagen en tot zeer fijne draden uitgetrokken worden, die een groote stevigheid bezitten; ook laat het zich goed wellen. Onvermengd of zoogenaamd roodkoper is voor gietwerk niet geschikt, daar het in gesmolten toestand zuurstof opneemt, die het bij bekoeling en vastwording weer laat varen, waardoor de massa zwelt en tallooze blaasjes behoudt. Het smelt in de roodgloeihitte, bij ongeveer 1100°, en verdampt sterk in de witgloeihitte, terwijl de dampen aan de lucht met een groene vlam verbranden. Nog heeft het de opmerkelijke eigenschap, van met zwavel zich te verbinden onder verbrandingsverschijnselen, waarbij dan dit lichaam de rol der zuurstof vervult.

De ertsen die lood bevatten, zijn menigvuldig; die echter welke het verwerken beloonen, bepalen zich slechts tot twee, waarvan de loodglans, een verbinding met zwavel, de voornaamste is. Het metaal wordt daaruit op twee verschillende wijzen verkregen. Gelijk te Clausthal geschiedt, smelt men den erts gezamenlijk met ijzer, dat er aan

toegevoegd wordt: dit onttrekt er de zwavel aan, waarmee het zich tot zwavelijzer verbindt, hetwelk op het vloeibare lood blijft drijven en in den vorm van schijven stolt, die men verwijdert; terwijl het lood, dat langer vloeibaar blijft, met ijzeren lepels afgeschept en in vormen gegoten wordt. In Engeland, Bretagne en Auvergne wordt de erts eerst in een vlamoven geroost, en vervolgens, na afsluiting der buitenlucht, bij een levendig vuur gesmolten, waardoor de zwavel die met het lood verbonden was, verbrandt, en dit vrij terugblijft. Het aldus verkregen zoogenaamde werklood wordt aan een nieuwe behandeling onderworpen, ten einde er het zilver uit af te zonderen, dat er steeds in meerdere of mindere mate in aanwezig is, waarna het den naam van frischlood erlangt.

Als men in een oplossing van loodsuiker een stukje zink hangt, schiet het metallieke lood in fraaie kristallen uit de oplossing aan, en vormt een zoogenaamden loodboom. In den handel komt het lood dikwijls ook vrij zuiver voor, dat men erkennen kan aan zijn ongemeene buigbaarheid en hamerbaarheid vooral bij koude. Het heeft dan een blauwachtige grijze kleur, en vertoont op de versche breuk een levendigen metaalglans. Het is ruim 11 maal zoo zwaar als water, daarbij zóó week, dat men het gemakkelijk met een mes kan snijden; op papier geeft het af. Het laat zich tot zeer dunne bladen uitslaan en tot vrij dunne draden uittrekken, waarin men even als in garen knoopen kan leggen, zij bezitten intusschen weinig vastheid en breken licht. Het lood smelt op omstreeks 330°, en verdampt reeds merkbaar bij de roodgloeihitte; zijn vluchtigheid is evenwel niet zóó groot, dat het evenals het zink overgehaald kan worden. Aan de lucht blootgesteld, verliest het lood spoedig zijn glans en wordt mat; sterker wordt het aangetast als die lucht vochtig is, wanneer het gemakkelijk met regenwater verbindingen vormt die vergiftig zijn. Put- of welwater levert dat gevaar niet op, van wege de zouten daarin voorhanden.

Tin komt in de natuur bijkans uitsluitend voor met zuurstof verbonden, als tinsteen, ook wel ofschoon zeldzaam met zwavel, als tinkies. Hetgeen de handel aanbrengt, is nooit volkomen zuiver, maar altijd verontreinigd met eenige andere metalen, met uitzondering alleen van Banka- en Malakkatin, dat haast geen vreemde bestanddeelen be-

vat. Het reine metaal is bijna zilverwit en heeft een eigenaardigen smaak en reuk, die vooral merkbaar worden als men het een poos in de vingers gehad heeft. Het is zeer hamerbaar, en men kan het zeer dun uitslaan tot zoogenaamd bladtin, dat veel gebruikt wordt voor het verfoeliën van spiegels en het inwikkelen van chocoladekoekjes; zijn hamerbaarheid is grooter nog op 100°, dan bij de gewone temperatuur. Ook laat het zich tot draden uittrekken, die echter weinig stevigheid bezitten. Als men een tinstaaf ombuigt, verneemt men een eigenaardig kraken of knappen, dat aan de kristallijne gesteldheid van het inwendige wordt toegeschreven. De kristalletjes zouden namelijk tegen elkander wrijven en botsen, voor welke meening de warmte pleit die ontstaat, als men het buigen eenigen tijd herhaalt. Trouwens zeer gemakkelijk kristalliseert het tin, waarvan men zich schier op dezelfde wijze overtuigen kan als bij de zwavel. Het tin smelt bij 230°, en verdampt merkbaar bij de witgloeihitte; de dampen bezitten echter weinig spanning. Het heeft een dichtheid of soortelijk gewicht van 7.3, die door het hameren maar weinig toeneemt. Een der gewichtigste aanwendingen van dit metaal bestaat in het vertinnen van koperen keukengereedschap, waardoor dit onschadelijk gemaakt wordt, alsmede van ijzerblad, alsdan blik geheeten, waardoor men van het roesten geen last heeft.

VII.

Vervolg: Edele metalen.

Kwik wordt verkregen uit vermiljoen, waarin het met zwavel verbonden voorkomt, en dat bij groote hoeveelheden gevonden wordt in de mijnen van Almaden in Spanje en van Idria in Illyrië. Men roost den erts in een distilleertoestel, waarbij de zwavel verbrandt, en de kwikdampen overgaan en zich tot een vloeistof verdichten. Het kwik is het eenige metaal dat bij de gewone temperatuur vloeibaar is. Het wordt eerst vast bij een koude van 40° onder 0, en is dan schitterend witglanzend, veel gelijkenis hebbende met zilver, van-

waar de benaming van kwikzilver. Als vast lichaam is het dichter dan als vloeistof: terwijl deze bij 0° een soortelijk gewicht heeft van 13.59, is dat van het vaste kwik, bij een temperatuur iets beneden het smeltpunt, 14.4. Het kookt bij 360° ongeveer, maar verdampt reeds merkbaar bij veel lager temperaturen, zoodat het veel omgaan met dit metaal zeer schadelijk voor de gezondheid is, daar kwikdampen hoogst verderfelijk daarop inwerken. Zuiver kwik hangt aan glas noch porselein aan, maar rolt vrij, kwik of levend daarover heen, zonder een spoor na te laten; dat niet meer het geval is, zoodra het kwik door lang in de lucht te staan, vooral des zomers, zuurstof heeft opgenomen, of andere metalen in oplossing houdt: het wordt dan met een vuil huidje of korstje overtogen en verliest van zijn vloeibaarheid; de druppels zijn niet rond meer, en slepen instedevan rollen, terwijl hun weg op glas of papier een moet achterlaat.

Zilver vindt men in gedegen toestand menigvuldig tusschen aderen van zilverhoudende lood- en koperertsen in, enkele keeren zelfs in zeer aanzienlijke stukken: bij Kongsberg in Noorwegen heeft men er massa's van aangetroffen die tot 280 K. G. wogen. Uit de ertsen wordt het zilver afgezonderd door amalgamatie, dat is, door er kwik aan toe te voegen, waarmede het zilver zich verbindt tot een soort van deeg; door distillatie wordt het kwik er dan wederom aan onttrokken. Dit amalgameeren heeft op twee onderscheiden wijzen plaats, hetzij op de Freiberger manier, waarbij verwarming te hulp komt, of in de koude, gelijk in Mexico en Zuid-Amerika geschiedt, waar brandstoffen schaarsch zijn. Het zilver munt uit door een fraaien witten glans, die in de lucht niet verdooft, als ten minste, gelijk bij ons te lande, die lucht geen zwavelige dampen bevat. Goed gepolijst, zoo kaatst zijn oppervlakte meer licht en warmte terug dan eenig ander metaal, waartegenover staat, dat zij weinig warmte afstraalt, zoodat het zilver de geschikte stof oplevert voor potten of kannen, waarin men dranken lang warm wenscht te houden. Het zilver heeft een dichtheid van 10.5; het is harder dan goud, maar weeker dan koper: een kleine hoeveelheid van dit laatste er aan toegevoegd, bevordert zijn hardheid. Na het goud is 't het hamerbaarste metaal: men kan het tot ongemeen dunne bladen uitslaan, en het tot zeer fijne

draden uittrekken, die daarenboven vrij taai zijn. Eerst bij witgloeihitte, op een 1000° geschat, smelt het; terwijl het bij de hitte van een smidsvuur zeer merkbaar verdampt. In gesmolten toestand langen tijd aan de lucht blootgesteld, mits het uitermate zuiver zij, slorpt het een aanzienlijke hoeveelheid zuurstof op, die het echter bij vastwording weer laat varen.

Goud komt meest altijd gedegen voor, somtijds zuiver, maar doorgaans verbonden met afwisselende hoeveelheden zilver; men vindt het veel in kwarts-zand, dat afkomstig is van verweerde kristallijne rotsen, waarvan uitgestrekte lagen worden aangetroffen in Brazilië, Mexico, Chili, het Uralisch en Altaïsch gebergte in Siberië, en vooral in Californië en Australië. Vele rivieren ook die uit oude gebergten haren oorsprong nemen, waaronder de Rijn, bevatten goud in den vorm van schilfertjes of korrels. Somwijlen hebben die korrels een vrij aanzienlijke grootte, niet zelden die van een gewone hazelnoot, enkele keeren zijn zij nog aanmerkelijk grooter. Het verzamelen daarvan heeft door zoogenaamd slibben plaats in houten kuipen, of men breidt het zand uit over een hellende plank, waarover men water laat heenvloeien: die plank bevat dwarskepen, waarin de zwaardere deelen met het goud zich neerzetten. Het aldus verkregen aan goud rijkere zand wordt met kwik behandeld, dat met het goud een amalgaam vormt, en er vervolgens door distillatie wederom wordt afgezonderd, evenals wij zagen dat zulks met het zilver geschiedt. Het zuivere goud heeft een zeer kenschetsende gele kleur, en zijn soortelijk gewicht bedraagt 19.26 Het smelt bij een sterke witgloeihitte, die men op 1200° schat. Bij een zeer hooge temperatuur bemerkt men duidelijk dat het verdampt. Reeds vermeldden wij, dat 't het pletbaarste van alle metalen is: zeer dun uitgeslagen, is het doorschijnend en laat een schoon blauw licht door.

Platinum is zeldzaam, komt overigens evenals het goud in aangeslibd zand voor. Men vindt het vooral in Columbië, Brazilië en in het Uralgebergte in Siberië. Het is het edelst metaal van alle, daar het haast tegen elke vreemde inwerking bestand is, daarbij de grootste hitte van een smidsvuur kan uithouden zonder nog te smelten, weshalve het voor de nijverheid een onschatbare waarde heeft, en men

er kroezen en ketels van vervaardigt, die dienen kunnen waar ieder ander metaal zou te kort schieten. Bij de witgloeihitte laat het zich smeden, en het eene stuk aan het andere lasschen. Het heeft een grijswit voorkomen, en men kan er een grooten glans aan mededeelen. Het is ook zeer pletbaar, mits het maar zuiver zij, de minste bijmenging toch van vreemde bestanddeelen oefent grooten invloed op die eigenschap uit. De dichtheid van het gehamerde platinum bedraagt 21.4. Het kan ook in zeer fijn verdeelden toestand worden verkregen, alswanneer het zich geheel zwart voordoet, en dan ook platinumzwart of moor geheeten wordt. In dien toestand levert het de opmerkelijke bijzonderheid op, van groote hoeveelheden gas te kunnen opnemen en verdichten.

VIII.

Roesten. Gisten. Zuurworden. Bederven.

Nu wij weten waaruit water en lucht, delfstoffen, planten en dieren in 't algemeen bestaan, kunnen wij ons eenig denkbeeld maken van vele veranderingen, die wij dagelijks zien gebeuren. Bij die veranderingen hebben óf scheidingen, óf verbindingen van stoffen plaats, of wel scheiding en verbinding tevens. Een voorbeeld daarvan leverde ons reeds de verbranding op. Verbrandt een enkelvoudige stof, zoo als kool- en waterstof, dan heeft er alleen een verbinding plaats, en wel een verbinding met zuurstof; de kool verandert in koolzuur, de waterstof in waterdamp. Is het daarentegen een samengestelde stof, dan heeft er eerst scheiding, daarna verbinding plaats; het gas, dat tot straatverlichting dient, bestaat uit kool- en waterstof; die scheiden zich, en ieder van deze bestanddeelen verbindt zich met zuurstof; hier ontstaan dus te gelijker tijd koolzuur en waterdamp. Met deze verbranding komt die van hout, turf en steenkolen overeen, welke uit kool-, water- en zuurstof bestaan; zij scheiden zich, zooals wij zagen, in kool- en koolwaterstof; en deze verbinden zich met zuurstof, zoowel met die, welke reeds in de brandstof aanwezig is,

als met zuurstof uit den dampkring; ten laatste geven zij ook niet anders dan koolzuur en waterdamp.

Veranderingen, die plaats hebben zonder dat daartoe verhitting noodig is, zijn het roesten, het gisten, het zuurworden en het verrotten.

Metalen roesten, wanneer zij aan lucht en vochtigheid zijn blootgesteld; het blinkend oppervlak van het metaal wordt dof, somtijds ruw op het gevoel, de metaalkleur verdwijnt, er vormt zich een nieuwe stof, die een geheel ander voorkomen heeft dan het metaal, somtijds zelfs een korst, die, wanneer men op het metaal klopt, er in schilfers afvalt. Vooral bij ijzer wordt zulk een verandering dikwerf opgemerkt; het bedekt zich met een laag die bruin of geelbruin van kleur is, en er gemakkelijk afgenomen kan worden. Wordt ijzer in water gelegd, dan verroest het ook; dit gebeurt intusschen niet in zuiver water waaruit men door koken alle lucht gedreven heeft; het is toch de zuurstof der lucht in het gewone water, die zich met het ijzer verbindt en ijzerroest vormt.

Ook door verhitting roest ijzer, zooals wij bijv. aan kachels kunnen zien, die dikwerf gloeiënd gestookt worden. De roest die zich dan vormt, is van den anderen onderscheiden. Het eerste begin van roesten vertoont zich als een verandering van kleur, die vooral bij blank ijzer zeer duidelijk in het oog valt; het ijzer wordt eerst blauw, dan geel en rood; wordt de roestlaag dikker, dan verkrijgt zij een zwartbruine kleur; fijn gewreven, geeft deze roest een donkerrood poeder. De eerste roest is een verbinding van ijzer met zuurstof en water, en kan zich dus niet vormen in lucht waarin geen waterdamp is; daar deze intusschen in gewone lucht altijd aanwezig is, zien wij ijzer overal roesten, maar des te meer naarmate er meer waterdamp is, dus bijv. dicht bij de zee in sterker mate dan binnenslands. De tweede roest is alleen een verbinding van ijzer met zuurstof, en ontstaat dus ook in droge even goed als in vochtige lucht. Dat er in beide gevallen een verbinding plaats heeft, blijkt uit de vermeerdering van gewicht. Dat desniettemin het metaal verliest door het roesten, dat is, vermindert, komt alleen daarvan, dat de roestkorst van het ijzer afvalt, of door schuren er afgenomen wordt, waardoor dan die

hoeveelheid ijzer die in ijzerroest veranderd was, tevens wordt weggenomen.

Koper verroest niet zoo spoedig als ijzer; het wordt daarbij overtrokken met een groene laag van zoogenoemd kopergroen, een zwaar vergif. Dit is een verbinding van koper met zuurstof en met koolzuur, dat, evenals waterdamp, altijd in een kleine hoeveelheid in den dampkring aanwezig is. Dat dit koolzuur een bestanddeel van kopergroen uitmaakt, ontdekt men gemakkelijk, als men er azijn op giet; er heeft dan een ontwikkeling van een luchtsoort plaats, evenzoo als bij den kalksteen gebeurt; en men kan dan aantoonen, dat die lucht de eigenschappen heeft welke wij bij koolzuur hebben leeren kennen.

Lood, tin en zink ondergaan, aan de lucht blootgesteld, wel verandering, maar verteren niet merkbaar, dat is, er vormt zich geen verbinding die er afvalt. Zink bedekt zich met een grauw of aschkleurig huidje; ook tin wordt met een grauw huidje overtrokken; lood wordt alleen dof. Om de eigenaardige kleur en glans bij deze metalen goed te onderscheiden, moet men daarom ook het buitenste door schaven of vijlen wegnemen. Wanneer zij aan de werking van water blootgesteld worden, ondergaat hun oppervlakte een gelijksoortige verandering; looddeelen worden bovendien somtijds, na eerst andere verbindingen te hebben aangegaan, in water opgelost, en dat water is dan zeer schadelijk voor het gebruik.

Is roesten het vormen van een verbinding van het metaal met stoffen, die in de lucht of in het water aanwezig zijn, dan moet het roesten voorkomen worden, zoodra men het metaal belet, met die stoffen in aanraking te komen, daar zich dan die verbinding niet kan vormen. Het is daarop dat de bekende middelen steunen, die dienen om metalen voor roesten te bewaren. Men bedekt ze met een laag vernis of met een verf; beide weren de lucht af, en zoo lang zij er nergens afgesleten zijn, blijft het metaal gaaf. Bij die metalen, waar het roestlaagje er op blijft zitten, dient deze roest zelf, om het roesten te stuiten, daar hij den verderen toegang van lucht en vochtigheid tot het binnenste nog niet verroeste metaal onmogelijk maakt.

Gisten is een verandering, die zich bij druivensap, bij moutaftreksel en bij andere vochten, van planten afkomstig, vertoont, en waar-

door het druivensap overgaat in wijn, het moutaftreksel in bier. Gedurende de gisting ontwikkelt zich uit het vocht een luchtsoort; vangt men die luchtsoort op, en onderzoekt men ze, dan vindt men dat het koolzuur is. Herinneren wij ons, dat planten voornamelijk uit koolstof, waterstof en zuurstof bestaan, dan kunnen wij begrijpen vanwaar dat koolzuur komt; er heeft een ontbinding van het vocht plaats, zoodat een gedeelte der koolstof en zuurstof zich daarvan afscheiden, en zich vereenigen tot koolzuur; de wijn onderscheidt zich dus van het druivensap daardoor, dat hij minder koolstof en zuurstof bevat.

Het zuurworden van wijn, bier, melk en andere vochten, het ontstaan van wijn-azijn en bier-azijn, is insgelijks een ontbinding, maar waarbij tevens verbinding met zuurstof uit de lucht plaats heeft. Juist omdat alle stoffen uit het plantenrijk uit dezelfde grondstoffen zijn samengesteld, is het niet vreemd, dat men uit vele dezelfde stof kan bereiden; dat azijn zoowel uit hout, als uit wijn en bier kan vervaardigd worden; dat ook suiker in azijn kan overgaan.

Eindelijk is ook het bederven of verrotten van dierlijke lichamen, die voornamelijk uit koolstof, waterstof, zuurstof en stikstof bestaan, een ontbinding, waarbij zich ten slotte deze bestanddeelen weder onderling en met zuurstof uit de lucht vereenigen, zooals de waterstof met zuurstof tot waterdamp, de koolstof met zuurstof tot koolzuur. Daar de nieuwe verbindingen die hier ontstaan, grootendeels luchtsoorten zijn, verspreiden zij zich, wanneer het doode lichaam niet luchtdicht ingesloten is, in den dampkring. Vandaar dat eindelijk van het lichaam maar weinig op de plaats zelve overblijft, ofschoon wij hier evenmin vernietiging bespeuren, als in die vorige gevallen, waar wij de stof zagen verdwijnen. Het bederven van vleesch is een begin van verrotting, dat is, van ontbinding, en van een verbinding met de zuurstof der lucht.

Wil men het zuurworden van wijn of bier, en het bederven van vleesch tegengaan, dan moet men zorgen, dat er geen lucht bij komen kan, daar de verbinding met de zuurstof der lucht dan onmogelijk wordt. Bij wijn bewerkstelligt men dit door het zoogenoemde zwavelen der wijnvaten, bij vleesch door inzouten en door rooken. Wat bij deze bewerkingen eigenlijk plaats heeft, kunnen wij hier niet volkomen verklaren.

Dat de aanwezigheid van lucht de oorzaak, of ten minste één der oorzaken van bederf is, blijkt daaruit, dat als men vleesch of groenten in blikjes legt, waar alle lucht uitgepompt wordt, zij jaren lang volkomen goed blijven. Men voorziet zich op die wijze van versche spijzen voor zeereizen; men heeft meermalen zulke spijzen ettelijke reizen naar Oost-Indië laten doen, zonder dat zij in 't minst bedorven geraakt waren.

Bederf is nog aan een andere voorwaarde gebonden, een zekeren graad van warmte. Het is bekend dat vleesch des zomers spoedig bederft, terwijl men het 's winters gemakkelijk weken lang bewaren kan, ook zonder het in azijn te leggen of te zouten. Even zoo blijven lijken in den winter veel langer onveranderd dan in den zomer; bij vorst kan men ze zelfs zeer lang in de lucht laten liggen; en in het hooge noorden heeft men onveranderde lijken gevonden van menschen en dieren, die vele jaren geleden reeds gestorven waren. Een dergelijken invloed heeft de warmte ook op het gisten, waartoe insgelijks een bepaalde warmtegraad noodig is.

IX.

Scheikundige verwantschap.

Wij hebben gezien, dat bij vele verschijnselen scheiding en verbinding van stoffen plaats heeft; het is dus van belang nauwkeurig te bepalen, wat wij ons bij die woorden moeten voorstellen.

Een der wezenlijkste kenmerken van scheiding en verbinding is het veranderen van stoffen in nieuwe, die geheel andere eigenschappen hebben. Vaste lichamen worden vochten of luchtsoorten, en omgekeerd; ongekleurde gaan over in andere, die gekleurd zijn; en gekleurde in kleurlooze; een lichaam dat weinig ruimte inneemt, in een ander dat veel ruimte beslaat; een reukeloos lichaam gaat over in een sterk riekend, enz.

Voorts is gebleken, dáár waar nauwkeurig onderzoek mogelijk was,

dat de hoeveelheid stof altijd dezelfde blijft: dat, bij verbinding, de bestanddeelen te zamen juist evenveel wogen als het samengestelde lichaam, 'twelk er uit ontstond, en dat omgekeerd bij scheiding het lichaam veranderde in nieuwe lichamen, wier gezamenlijk gewicht gelijk was aan dat van het oorspronkelijke lichaam.

Een andere omstandigheid die verdient opgemerkt te worden is, dat bij verbinding de stoffen zich niet in haar geheel met elkander vereenigen, maar in hare kleinste niet onderscheidbare deelen; het is niet een verbinding, zoo als er bijv. tusschen kalk en steen plaats heeft, wanneer men daarmede een muur opmetselt, en waarbij elke steen een geheel blijft uitmaken, waar de kalk tegenaan gevoegd is; maar 't is een vereeniging, waarbij elk kleinste deel van de eene stof zich met een of meer kleinste deelen der andere stof verbindt. Wanneer zuurstof en waterstof zich tot water vereenigen, dan is in elk uiterst klein waterdeeltje een hoeveelheid van beide bestanddeelen aanwezig; in elk korreltje ijzerroest is een weinig ijzer met een weinig zuurstof verbonden, en in de fijnste deelen is noch ijzer noch zuurstof meer te onderscheiden. Er is dus een wezenlijk onderscheid tusschen verbinding en vermenging. Als wij bijv. ijzervijlsel onder fijn gestampten kalk mengen, dan zal dit niet dan een mengsel zijn, waarin de ijzer- en kalkdeelen nog ieder afzonderlijk te onderscheiden zijn; men kan ze door schudden weder van elkander afscheiden; de zwaardere ijzerdeelen zakken naar beneden, de lichtere kalkdeelen verzamelen zich boven; maar hoe lang men bijv. water schudt, de zwaardere zuurstofdeelen scheiden zich nimmer van de lichtere waterstofdeelen.

Een verbinding onderscheidt zich ook nog door een andere eigenschap van een menging. Wij kunnen een K.G. ijzervijlsel met 1 K.G. kalk, met 2 of met 10 K.G. vermengen, met één woord met een willekeurige hoeveelheid der tweede stof, maar bij scheikundige verbinding vereenigt zich een K.G. van de eene stof juist met een bepaalde hoeveelheid der andere. Wanneer men 1 K.G. water scheidt in zijn bestanddeelen, vindt men er 889 G. zuurstof en 111 G. waterstof in. In ieder ander K.G. water is juist evenveel zuurstof en waterstof, en zoo is dus in 10 K.G. water ook juist tienmaal zooveel zuurstof en tienmaal zooveel waterstof. Als men 111 G. waterstof ver-

brandt, en zorg draagt dat er overvloed van zuurstof aanwezig is, dan bevindt men, dat er juist 1 K.G. water ontstaat, en dat die hoeveelheid waterstof juist 889 G. zuurstof opneemt, terwijl de overige zuurstof vrij en ongemoeid overblijft. Als omgekeerd aan een groote hoeveelheid waterstof een kleine hoeveelheid zuurstof toegevoegd wordt, zal zich maar zóóveel waterstof met de zuurstof verbinden, dat de hoeveelheden tot elkander staan als 111 tot 889, en de overige waterstof blijft waterstof. Hetzelfde geldt van alle andere verbindingen, onder dien verstande, dat de gewichten die zich met elkander vereenigen, juist niet als 111 tot 889 staan, maar toch altijd in de eene of andere bepaalde verhouding. Als kool zich met zuurstof verbindt tot koolzuur, verbinden zich altijd 75 deelen koolstof met 200 deelen zuurstof, nooit met meer of met minder; of met andere woorden: in elke 275 gewichtsdeelen koolzuur zijn altijd 75 deelen kool- en 200 deelen zuurstof aanwezig. Men kan dus bijv. uitrekenen, hoeveel zuurstof er noodig is om 3 K.G. kool te doen verbranden; want daarvoor hebben wij de evenredigheid: 75 deelen kool staan tot 200 deelen zuurstof, als 3 K.G. kool staan tot de benoodigde hoeveelheid zuurstof; het gewicht van deze is dus $= \frac{3 \times 200}{75}$ of 8 K.G. zuurstof, en uit 3 K.G. kool ontstaan 11 K.G. koolzuur.

Vragen wij nu: waarom verbinden sommige stoffen zich met elkander, en andere niet? waarom heeft de verbinding andere eigenschappen dan de bestanddeelen hebben? waarom geschiedt de verbinding juist in die bepaalde gewichtsverhoudingen? dan kunnen wij daar niets anders op antwoorden, dan dat wij er een eigen oorzaak voor moeten aannemen, verschillend van de oorzaken waardoor andere verschijnselen worden voortgebracht, en dat die oorzaak een kracht zijn moet die ongelijksoortige stofdeelen naar elkander toetrekt; die onbekende oorzaak van het ontstaan van verbindingen noemt men verwantschap. Die verwantschap bestaat dus tusschen sommige stoffen, tusschen andere niet; en onder de eerste is er weder tusschen sommige sterker, tusschen andere zwakker verwantschap. Wanneer wij waarnemen, dat twee stoffen die met elkander verbonden zijn, zich van elkander scheiden, als er een derde stof bijkomt, en dat een van

beide zich met de derde verbindt, dan zeggen wij, dat zij daarmede grooter verwantschap heeft dan met de stof waarmede zij vroeger verbonden was. Wanneer wij waterdamp door gloeiënd ijzer zien ontleden, en dit zich met de zuurstof van het water verbinden, dan zeggen wij, dat de verwantschap tusschen gloeiënd ijzer en zuurstof grooter is dan die tusschen zuurstof en waterstof.

ZESDE AFDEELING.

Electriciteit en Magnetismus.

I.

Over Electriciteit in 't algemeen.

Als men een pijp lak op laken hard heen en weer wrijft, of nog beter tegen een kattevel, dan wordt zij niet alleen warm, maar zij verkrijgt de wonderlijke eigenschap van lichte lichaampjes, kleine snippers papier, stofjes en dergelijke, aan te trekken, die er een poos aan blijven kleven. Hetzelfde is allereerst, en in geen minder mate, waargenomen geworden aan den barnsteen, een harssoort, die men tot het vervaardigen van rottingknoppen, sigarenpijpjes en mondstukken voor Duitsche pijpen pleegt te bezigen. Die stof heet in het Grieksch elektron, en vandaar de in zwang gekomen benaming van electrisch en electriciteit voor gemelde eigenschap in 't algemeen. Want met een menigte lichamen meer kan men de eigen proef nemen, bijv. met glas, mits het ter dege droog zij, waartoe men het vooraf een weinig verwarmen moet. Het best slaagt men met een stukje schel- of gomlak, met gutta-percha en met zoogenoemd schietpapier, dat op dezelfde wijze als het bekende schietkatoen bereid is geworden.

Met andere lichamen, metalen bijv., gelukt de proef niet; maar

dat is nog geen bewijs, dat deze niet electrisch worden. Want die eigenschap is vatbaar voor verbreiding over een grooter oppervlakte, en dus ook voor mededeeling bij aanraking. En 't spreekt wel van zelf, dat zij zich zwakker zal betoonen naarmate zij zich meer verbreid heeft.

Hoe gemakkelijker derhalve de eigenschap zich over de belendende deelen uitbreidt, des te spoediger verliest zij zich. Metalen nu denkt men zich als zeer goede geleiders der electriciteit, en daaruit volgt, dat, of wij al een koperen staaf, door ze even als een lakstang te wrijven, electrisch konden maken, wij daarvan toch niets zouden kunnen bemerken. Want nauwelijks is de eigenschap op een gedeelte der staaf opgewekt, of zij heeft zich reeds medegedeeld aan de overige deelen niet alleen, maar ook aan de hand, waarin wij de staaf houden, vervolgens aan geheel ons lichaam, aan den grond eindelijk, waarop wij staan of zitten; zij is dus al te kort aanwezig, om zich te kunnen openbaren.

Dat de lakstang ons het verschijnsel zoo duidelijk vertoont, is dan omgekeerd daaraan toe te schrijven, dat de ontstane eigenschap, wegens slechte of moeiëlijke geleiding, zich genoegzaam bij de plek bepaalt, waar men wrijft. Een handvatsel derhalve of standaard van gewoon lak, nog beter schellak, anders van glas, aan een metalen staaf aangebracht, zal een beletsel opleveren voor de electriciteit, om zoo spoedig te loor te gaan, en zulks des te meer, naarmate dat handvatsel of die standaard langer en dunner is.

Raakt men een gewreven lakstang met een dun metalen of aan weerskanten verguld of verzilverd papieren schijfje aan, dat men aan een langen dunnen draad van schellak houdt, dan verkrijgt het dezelfde eigenschap, en het trekt op zijn beurt lichte lichaampjes aan. Men kan er zich dus van bedienen, om te beproeven, of eenig lichaam electrisch is, waarom die schijfjes gewoonlijk proefvlakjes geheeten worden. Daar zijde mede een slechte geleider is, kan men zich een nog gevoeliger en even weinig kostbaren toestel tot hetzelfde einde vervaardigen, door aan een glazen galgje (zie volgende bladzijde Fig. 2) een langen zijdewormdraad op te hangen, welks benedeneinde een vlierpitballetje, van de grootte van een pil, houdt.

Zulk een toestel, electroscoop geheeten, bewijst ons al dadelijk een zeer gewichtigen dienst, door ons een onderscheid te doen kennen, dat in de eigenschap der electriciteit bestaat. Want brengen wij het vlierpitballetje, na het even met den vinger aangeraakt te hebben, om zeker te zijn, dat het zelf niet electrisch zij, in de nabijheid van een geëlectriseerde lakstang, of van een gladde glazen staaf, die met een lapje wol gewreven is geworden, dan wordt het in beide gevallen aangetrokken. Hebben wij het echter in aanraking gebracht met de lakstang, zoodat het evenals deze electrisch geworden is, dan wordt het vervolgens, zoolang het nog electrisch gebleven is, door diezelfde lakstang afgestooten in plaats van aangetrokken; op de glazen staaf daarentegen zal het blijven aanvliegen. En zoo ook omgekeerd. Is het eerst door aanraking met de glazen staaf electrisch gemaakt, dan wijkt het terug, als men er andermaal de glazen staaf bijbrengt, maar het wordt nu door de lakstang aangetrokken. Wij leeren hieruit, dat het electriek zijn van tweeledigen aard is, en men onderscheid moet maken tusschen glas-, en lak- of hars-electriciteit. Immers tusschen gelijkelijk geëlectriseerde lichamen blijkt afstooting te bestaan, en trekken dus twee electrieke lichamen elkander aan, dan moet er verschil van electriciteit zijn. Men gevoelt, dat men, op de wijze hier beschreven, met weinig moeite kan onderzoeken, niet alleen of een lichaam electrisch geworden is, maar ook van welke soort die electriciteit is.

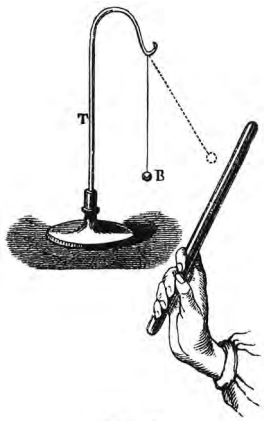


Fig. 2.

Een ander gewichtig feit komt hierbij tevens aan den dag, namelijk: als van twee lichamen, die men tegen elkander wrijft, ten gevolge daarvan het eene electrisch wordt, dan wordt het andere het ook, maar de electriciteiten zijn verschillend. Het kattevel, waarmede men de lakstang wrijft, wordt glasachtig, het lakensche of wollen lapje, waarmede men de glazen staaf wrijft, daarentegen harsachtig electrisch. Opmerkelijk is het, dat mat geslepen glas, met wol ge-

wreven, zelf harsachtig electrisch wordt, en de wol dus glasachtig electrisch maakt. Het is klaar, dat men de lichamen, zoo zij goede geleiders zijn, bij deze proeven niet onmiddellijk in de hand mag nemen; dan toch zouden zij electrisch kunnen worden, zonder dat wij er iets van bemerkten.

II.

Mededeeling en werking op afstand. Verdeeling der Electriciteit. Leidsche flesch.

Voorziet men een geleider, bestaande uit een liggenden cylinder van koper of ander metaal op een glazen standaard, gelijk in Fig. 3 afgebeeld is, aan elk uiteinde van een paar vlierpitballetjes, die aan even lange linnengarendraadjes hangen, dan zal men aan die paren balletjes moeten kunnen zien, of de geleider electrisch is al dan niet. In het eerste geval toch zal er onderlinge afstooting plaats grijpen, in het andere geval daarentegen zullen zij recht nevens elkander hangen. Zoo bevinden wij het inderdaad, als wij den geleider bijv. met een gewreven lakstang aanraken.

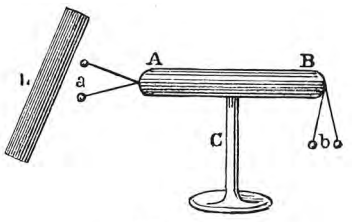


Fig. 3.

Maar gesteld eens, wij houden de lakstang L op een geringen afstand van A, niet zóó gering evenwel, dat de vlierpitballetjes *a*, die nu door de lakstang aangetrokken worden, deze kunnen bereiken, of dat wij vonken zien of hooren overspringen: wat zal er dan gebeuren? Wij zien dan de vlierpitballetjes *b* uit elkander wijken, een blijk, dat het uiteinde B van den cylinder electrisch geworden is. Onderzoeken wij nu, met behulp van een proefvlakje en electroscoop, de natuur dier electriciteit, dan bevinden wij ze harsachtig, gelijk die der lakstang. Raken wij voorts het harsachtige electrische uiteinde B even met den vinger aan, dan leiden wij die electriciteit af en doen ze te

loor gaan. Verwijderen wij vervolgens de lakstang, dan vertoonen zich beide paren vlierpitballetjes, *a* zoowel als *b*, uit elkander geweken. De geheele leider is derhalve nog electrisch, en stellen wij ook op die electriciteit een onderzoek in het werk, zoo bespeuren wij tot onze verwondering, dat zij glasachtig is. Verwijderen wij daarentegen de lakstang, zonder alvorens de harsachtige electriciteit van B door aanraking af te leiden, dan hangen al de vlierpitballetjes weer recht naar beneden, en de geleider is dus volstrekt niet electrisch.

Van dat alles kunnen wij ons nu niet wel een andere voorstelling maken, dan door aan te nemen, dat, onder den invloed van de gewreven lakstang L, dat uiteinde A van den geleider, 't welk er zich het dichtst bij bevond, glasachtig electrisch werd. Dan toch laat het zich hooren, dat bij verwijdering van de lakstang, beide eigenschappen, de glas- en harsachtige electriciteiten, in gelijke mate aanwezig, zich op dezelfde wijze over den ganschen cylinder verbreiden, waarvan het noodzakelijk gevolg zijn moet, dat van geen van beide iets meer te bemerken valt; want een zelfde plek van den cylinder kan onmogelijk op 't eigen oogenblik een voorwerp aantrekken en tegelijk afstooten. Hebben wij echter, alvorens de lakstang te verwijderen, door aanraking de harsachtige electriciteit verminderd, dan zal naderhand de glasachtige het winnen en alleen merkbaar worden. Zoo lang evenwel de lakstang nog in de nabijheid gehouden blijft, kan men zich van den onderstelden glasachtig electrischen toestand van het uiteinde A door een proef vergewissen. Men houdt het er dus voor, dat de glasachtige electriciteit, ofschoon daar alleszins voorhanden, zich niet vrijelijk kan uiten, van wege de aantrekking der harsachtig electrische lakstang, en dat het er op dergelijke wijze mee gelegen is als met de warmte, die bij 't smelten van lichamen, van ijs of sneeuw bijv., als 't ware gebonden en belet wordt aan het gevoel zich vrijelijk te openbaren.

Die werking op afstand stelt nu de dadelijke mededeeling der electrische eigenschap in een nieuw licht. Brengen wij toch de gewreven lakstang al nader bij, en eindelijk in aanraking met den cylinder, dan vereenigen zich de vrije harsachtige electriciteit van de lakstang en de gebonden glasachtige electriciteit op den geleider in het aan-

rakingspunt A, en de geleider blijft harsachtig electrisch. Wat de lakstang aan harsachtige electriciteit verloren heeft, dat won de geleider. 't Scheen wel, alsof er een zeer bewegelijke stof van het lak op het koper overvloeide; maar in verband met het voorgaande is dit niet meer dan schijn. 't Is wijders klaar, dat de harsachtig electrische toestand van B zich nu niet bij dat uiteinde kan blijven bepalen; dit zal van stonden aan zelf op de overige deelen van den cylinder gaan werken even als straks de lakstang, zoodat ten laatste de electrische eigenschap zich wel niet eenparig, maar toch op een regelmatige wijze, over geheel den cylinder zal hebben verdeeld.

Als men niet enkel aan de uiteinden A en B, maar op meer plaatsen paren vlierpitballetjes aanbrengt, en vervolgens den geleider electriseert, dan nemen wij aan het meer of min uit elkander wijken van de verschillende paren waar, dat niet alle plekken van den cylinder even sterk electrisch zijn, maar dat de electriciteit naar de uiteinden toeneemt en middenop een kleinste waardij heeft. Een opzettelijk onderzoek is daaromtrent ook op geleiders van een anderen vorm in het werk gesteld, en heeft in 't algemeen geleerd, dat het oppervlak van een geëlectriseerden bol, het eenige oppervlak dat een eenparige kromming heeft, overal even sterk electrisch is, maar dat, zoodra de gedaante van een geleider van de bolvormige verschilt, die plekken 't meest electrisch worden, die de grootste kromming of welving hebben. Dit zal dus in de grootste mate gelden van scherpe kanten en punten, voor welk geval de omgevende lucht, die anders slecht geleidt, mede electrisch wordt, en den metaalgeleider zijn electriciteit doet verliezen. Zelfs al mocht deze overal zorgvuldig afgerond zijn, zoo zal de electriciteit, bijaldien zij sterk daarop ontwikkeld is, naar een anderen goeden geleider heen die zich in de nabijheid bevindt, zulk een spanning, gelijk men zegt, kunnen verkrijgen, dat zij zich over de lucht aan genoemd lichaam mededeelt, 'tgeen dan van lichtontwikkeling gepaard gaat, zoodat men vonken ziet overspringen.

Dat is bijv. het geval bij de zoogenoemde Leidsche flesch, waarvan wij de inrichting en werking kortelijk willen beschrijven. Fig. *4a* op de volgende bladzijde stelt er een voor. Het is een glazen flesch, in- en uitwendig, iets meer dan ter halver hoogte, met bladtin bekleed.

Op den bodem staat een koperdraad, waaraan van boven een bolvormige knop A bevestigd is. Stelt men nu het buitenbekleedsel B *b*

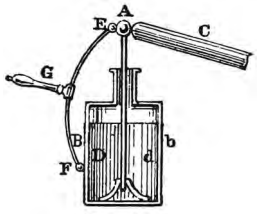


Fig. 4*a*.

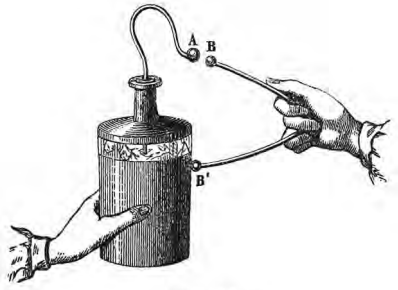


Fig. 4*b*.

in gemeenschap met den grond, door bijv., terwijl men daarop staat, de flesch met de handen te omvatten, en brengt men den knop in aanraking met een goeden geleider C, die bijv. glasachtig electrisch gemaakt en gehouden wordt, zoo wordt zulks ook het binnenbekleedsel D *d*, dat door het niet geleidende glas heen het buitenbekleedsel, tegen dat glas aan, harsachtig electrisch maakt, terwijl de glasachtige electriciteit, die daarop vrij wordt, naar den grond afleiding vindt. De harsachtige electriciteit op het buitenbekleedsel is daarentegen gebonden, en bindt wederkeerig glasachtige electriciteit op het binnenbekleedsel, waardoor gelegenheid gegeven wordt tot al sterker lading, zooals men zich oneigenlijk uitdrukt, van glasachtige electriciteit op den inwendigen wand der flesch. Verwijdert men deze ten laatste van den geleider C, en zet men ze ergens neder, dan heeft men maar een koperdraad E F bij een glazen handvatsel G met het eene uiteinde F ergens aan het buitenbekleedsel te houden, en vervolgens met het andere E den knop A al dichter bij te brengen, om weldra, dikwijls nog vóór de aanraking, met een slag de uitwisseling der beide electriciteiten te doen plaats grijpen. Bezigt men tot zulk een ontlading de handen, dan voelt men daarbij een plotselingen schok, die al heel licht zeer aanmerkelijk en onaangenaam kan worden.

III.

Galvanismus.

Als men een koperen of beter nog een zilveren muntstuk en een dergelijk schijfje zink derwijze met de vingers in den mond houdt, dat de tong beide plaatjes scheidt, en men vervolgens de beide voorranden in aanraking met elkander brengt, dan ontwaart men terstond een scherpen brandigen smaak, die niet enkel oogenblikkelijk is, maar voortduurt, zoolang de twee schijfjes in aanraking gehouden worden. Deze eenvoudige proef is mede van electrischen aard. De aanraking, zonder eenigerhande wrijving, is naar het schijnt voldoende om het zink aanhoudend glasachtig en het zilver of koper harsachtig electrisch te maken, welke beide electriciteiten over de vochtige en alzoo goed geleidende tong, naar gelang zij ter ontwikkeling komen, zich weder vereenigen. Men noemt die rondgaande werking, naar de eerste ontdekkers, Galvanische en Voltasche stroomen, en stelt zich dan de glasachtige electriciteit voor als van het zink naar het zilver te vloeien, de harsachtige daarentegen van het zilver of koper naar het zink. Men vatte dit echter niet te letterlijk op, alsof men hier werkelijk stroomende vloeistoffen voorhad. Wij hebben immers gezien van welken aard de mededeeling der electrische eigenschap is, en ook hier, waar zij bij voortduring opgewekt wordt, bestaat de voortplanting daarvan in een te voorschijn roepen en binden van de tegengestelde eigenschap in een belendend deeltje, waardoor dezelfde eigenschap daarin vrij wordt en weer de eigen werking op het volgend deeltje uitgeoefend wordt, en zoo voort, met een spoed, die schier alle begrip te boven gaat.

Door opstapeling van een menigte dergelijke paren zink en koper, als wij zoo straks beschreven hebben, kan men de zoogenoemde galvanische stroomen zeer versterken, waarbij men te zorgen heeft, dat ieder stukje metaal van dezelfde soort altijd in dezelfde richting ligt ten opzichte van een van de andere soort, waardoor het aangeraakt

wordt; men zou anders, gelijk men uit het vorige gereedelijk zal inzien, de ontstane werking weder vernietigen. Zie in Fig. 5*a* en 5*b*, hoe men bij den bouw van zulk een Voltasche kolom of batterij te werk kan gaan. Men bevestige aan een schijfje zink een koperdraad, en plaatse het bijv. op een glasplaat; men legge er vervolgens een lapje laken of blaadje grof papier op, dat met een slap zuur of een verzadigde oplossing van gewoon keukenzout doortrokken is, voorts op het lapje laken eerst koper, en daarop onmiddellijk zink, dan weer een nat lapje, enz.; eindelijk op het bovenste lapje enkel een koperen schijf, waaraan weer een koperdraad bevestigd is. Zoodra men dan beide draadeinden, die gewoonlijk polen

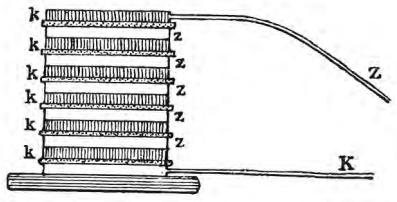
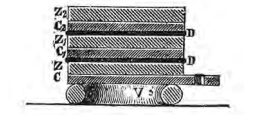


Fig. 5*a*.



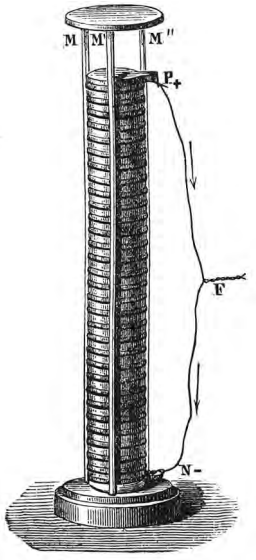


Fig. 5*b*.

geheeten worden, met elkander in aanraking brengt, is de tweeledige stroom of keten, gelijk men zegt, gesloten, en de ontwikkeling van electriciteit gaat voort, zoolang de zinkstukjes nog een vrij zuivere metaaloppervlakte behouden, dat echter op den duur bij deze eenvoudigste inrichting het geval niet blijft, gelijk nader blijken zal.

Brengt men tusschen de op geringen afstand van elkander gehouden polen K en Z, nadat men ze scherp heeft aangepunt, een weinig, liefst met wat zuur vermengd, water, in een open glazen pijpje, dat aan weerskanten met kurkjes toegestopt is, op de wijze in Fig. 6 voorgesteld, dan ontstaan er, mits de kolom maar hoog genoeg opge-

stapeld is, en dus sterk genoeg werkt, kleine gasbellen aan de koperpool K, dat is aan het uiteinde van dien draad, die onmiddellijk aan een zinkplaatje, het onderste, bevestigd is; deze pool is, gelijk wij weten, harsachtig electrisch. De andere pool Z kan gevoegelijk met den naam van zinkpool bestempeld worden, daar het koperplaatje, waaraan deze vastgemaakt is, door een nat lapje van het bovenste zinkplaatje gescheiden is, en zij dus de electriciteit van dat zinkplaatje, namelijk glasachtige, heeft. Terwijl er zich nu gas aan de koperpool ontwikkelt, wordt de zinkpool allengs zwart. Opzettelijk en nauwkeurig onderzoek heeft geleerd, dat gemeld gas niet anders dan waterstofgas is, en dat het zwart worden van den draad Z aan zuurstof moet toegeschreven worden, die zich daarmede scheikundig verbonden heeft. Beide die luchtsoorten nu maken de bestanddeelen van het water uit, en wat zeer opmerkelijk is, zij ontstaan hier juist in zulke betrekkelijke hoeveelheden als zij in het water voorhanden zijn. Het schijnt dus, dat door de werking der kolom het water in zijn bestanddeelen ontleed wordt, en dat is inderdaad het geval. Maar bedriegen wij ons daarin niet, dan moet dergelijke waterontleding evenzeer plaats grijpen in de bevochtigde lapjes, waarvan dan ook de belletjes getuigen, die daaraan waargenomen worden, alsmede het zoogenoemd verteren van de zinkplaatjes, die allengs door het zuur aangetast worden en wit aanslaan. De metaalaanraking tusschen koper en zink wordt daardoor hoe langer zoo gebrekkiger, en dat is de reden, waarom de werking der kolom na eenigen tijd verzwakt en eindelijk geheel ophoudt.

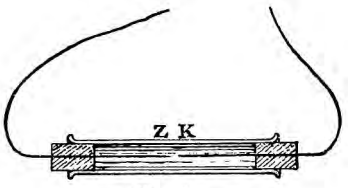


Fig. 6.

Niet enkel water, maar een menigte andere samengestelde lichamen laten zich door electrische stroomen in hun bestanddeelen scheiden. Neemt men daarbij in aanmerking, dat men op het oogenblik van scheikundige ontbinding van eenig lichaam in twee bestanddeelen, deze bevindt tegengesteld electrisch te zijn, zoo wordt men gedrongen, tot een zeer nauw verband tusschen scheikundige verwantschap en de electrische eigenschap te besluiten, van hoedanig een aard dat

verband dan ook zijn moge. Zonder ons thans verder daarin te verdiepen, willen wij liever een nuttige toepassing vermelden, die men in later tijd daarvan gemaakt heeft, te weten, het nabootsen in koper van eerepenningen en andere kunstvoortbrengselen van metaal. De eenvoudige toestel die daartoe dienen kan, is de navolgende. Men neme (zie Fig. 7) een bier- of punchglaasje zonder bodem, over welks mond men een stuk blaas spanne, 'tgeen des te gemakkelijker zal kunnen geschieden, als het glaasje een lip heeft. Vervolgens plaatse men het omgekeerd op een bakje of schoteltje, niet onmiddellijk evenwel, maar op een paar houtjes, zoodat er tusschen den bodem van het schoteltje en de blaas nog ruimte overig zij, om er een plaatje zink in te kunnen brengen, dat op eenigen afstand, hoe gering dan ook, van de blaas afblijve. Aan een kant van dat plaatje zink, die een weinig naar boven is omgebogen, bevestige men een stevigen en niet te korten draad van rood koper, welks andere uiteinde om den rand van een muntstuk of medaille geslagen en vastgewrongen wordt, zoodat dit als in een ring daarin geklemd zit. Met eenige moeite zal men nu den draad zulk een buiging kunnen geven, dat het muntstuk in het glas dicht boven de blaas komt te hangen, en wel zoo, dat zijn beide oppervlakten met de blaas en met het onderliggend zink evenwijdig zich bevinden. Eindelijk giete men het glaasje vol met een verzadigde oplossing van blauw vitriool, en doe in het schoteltje tot even boven de blaas zeer verdund zwavelzuur, waarin dus het zink ondergedompeld zij, met uitzondering van den naar boven omgebogen kant, waaraan de koperdraad bevestigd is. Laat men dien toestel nu eenige uren rustig staan, dan zet zich vooral van onderen tegen het munstuk een roode korst aan, die hoe langer hoe dikker wordt, en die men na afloop van de proef voorzichtig daarvan zal kunnen losmaken. Deze korst bestaat uit zuiver koper, en vertoont geheel den vorm van de zijde van 't muntstuk die naar omlaag gekeerd was, met dit onderscheid, dat hetgeen daaraan verheven is, hier diep ligt. Wil men ook

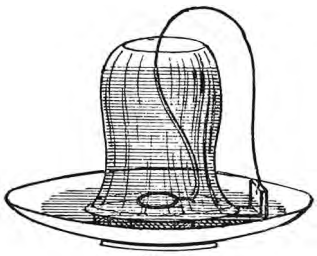


Fig. 7.

dit verschil doen wegvallen, zoo heeft men den verkregen vorm op zijn beurt maar even als het muntstuk zelf te behandelen.

IV.

Magnetismus. Electrische Telegraphen. Electrisch licht. De Telephoon.

Behalve de eigenschap der electriciteit, kent men aan enkele lichamen, soms alleen onder bepaalde omstandigheden, nog een andere eigenschap toe, die met de eerstgemelde zeer nauw samenhangt. Zij is het eerst aan een soort van ijzerroeststeen, zeilsteen geheeten, ontdekt geworden. Dompelt men zulk een steen in ijzervijlsel, dan blijft er dat gedeeltelijk aan kleven en hangen, ja geheele stukjes week ijzer worden er wel door aangetrokken en vastgehouden, en, wat nog vreemder luidt, zulk een stukje ijzer wordt, ofschoon in mindere mate dan de zeilsteen, dezelfde eigenschap deelachtig, en kan andere ijzerdeelen

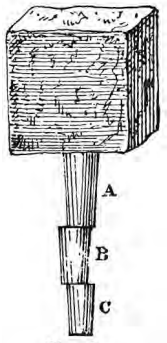


Fig. 8*a*.

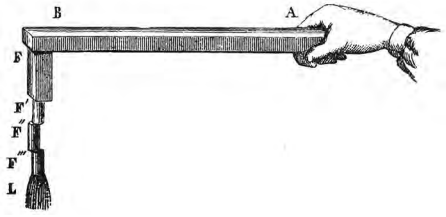


Fig. 8*b*.

aantrekken en hangende houden, gelijk deze weder op hun beurt, enz. Maakt men echter (zie Fig. 8*a*) het bovenste stukje ijzer A, onder meer, die op zulk een wijze aan een zeilsteen hangen, los, al doet men dit nog zoo voorzichtig, dan vallen dadelijk de overige B en C af, en zij worden niet weer door het stukje A gehouden, zoolang men dit niet andermaal aan den zeilsteen brengt. Niet alzoo is het met stukjes gehard staal gelegen. Deze moeten een wijl met den

zeilsteen in aanraking blijven, eer zij er aan hechten. Ook ontwikkelt er zich eerst na verloop van eenigen tijd de bewuste eigenschap in, om op hun beurt ijzer aan te trekken. Daartegen staat echter over, dat zij, eindelijk losgerukt, die eigenschap behouden; men noemt ze dan magneten, en wel kunstmagneten, omdat de zeilsteenen ook wel natuurlijke magneten genoemd worden.

Als men eenige naainaalden herhaalde malen over dezelfde plaats van een zeilsteen geheel op dezelfde wijs gestreken heeft, dan zijn zij tot dergelijke kunstmagneten geworden, waarvan men zich gemakkelijk kan overtuigen, door ze in ijzervijlsel te steken. Of, indien men er een papier overheen legt, en daarop ijzervijlsel strooit, dan voegt zich dit te zamen (zie Fig. 9*a* en 9*b*), en men kan aan de

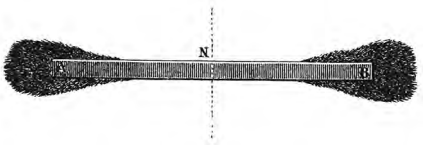


Fig. 9*a*.

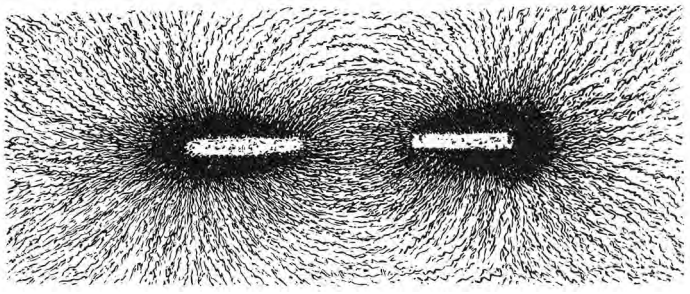


Fig. 9*b*.

groepeering daarvan erkennen, waar ergens zulk een naald ligt. Wij leeren hieruit, dat die aantrekking door papier en al heengaat, en ook met andere lichamen is dat het geval. Door plaatjes glas bijv., tin, koper, ja allerlei, mits maar geen ijzer zelf, blijft die werking evenzeer merkbaar, indien zij namelijk niet te dik zijn, waardoor de afstand te groot zou worden. Maar nog iets vreemds doet zich hier op. Aan ieder einde van den magneet bevindt zich blijkbaar een punt A en

B, waar de aantrekking het sterkst is, terwijl zij naar het midden afneemt, en daar nul wordt. Die punten noemt men uit dien hoofde polen, en daarom niet alleen, maar ook nog wegens een andere bijzonderheid. Als men namelijk een paar van die naaldjes op water laat drijven, of onmiddellijk, of, indien zij daartoe wat zwaar zijn, op een stukje kurk, dan zal men afstooting waarnemen tusschen de eveneens geplaatste uiteinden A en A, of B en B, tusschen punten en punten, oogen en oogen bijv. van de geheel op dezelfde wijs gemagnetiseerde naalden, en aantrekking tusschen de verschillend geplaatste uiteinden A en B, dat is tusschen punten en oogen.

Drijft er slechts één naald op het water, en zorgt men, dat geen andere, evenmin als eenig ijzer, in de nabijheid zij, dan plaatst zij zich altijd nagenoeg in de richting van noord en zuid, weshalve men aan de pool, die naar het noorden wijst, een teeken pleegt te geven en haar noordpool genoemd heeft, terwijl de andere zuidpool heet. Wat de reden is van dat verwonderlijk richtingsvermogen, waardoor de magneet tot een wegwijzer op zee geworden is, daarover bij een nadere gelegenheid.

Waar wij voorshands nog de aandacht op willen vestigen is, dat door het strijken van een stalen naald of staaf met een natuurlijken of kunstmagneet, waardoor magnetismus opgewekt wordt, de oorspronkelijke magneet niet aan magneetkracht verliest. Verzwakt deze onder de hand, dan is dit aan andere oorzaken te wijten, die met de noodige omzichtigheid vermeden kunnen worden. Magnetismus is derhalve geenszins een stof, die van het eene lichaam op het andere overgaat. 't Is, evenals de electriciteit, een tweeledige eigenschap, welke in de lichamen, die vatbaarheid daarvoor hebben, 'tzij dan voorbijgaande of blijvend, ontwikkeld kan worden.

Wij spraken van een nauw verband, dat er bestaat tusschen magnetismus en electriciteit. Reeds de omstandigheid dat een dikke koperen geleider, waardoor een niet al te zwakke electrische stroom gaat, ijzervijlsel aantrekt gelijk een magneet, is daarvan een bewijs. Nog meer pleit daarvoor de invloed, die door zulk een stroom op een magneetje uitgeoefend wordt, dat zich in de nabijheid bevindt. Voor zoover het daartoe in de mogelijkheid is, wordt het genoopt, zich om

den geleider in het rond te bewegen. Maar het treffendste bewijs van die verwantschap is, dat men in staat is, met electriciteit tijdelijke magneten te maken. Men stelle zich een stuk week ijzer voor, in de gedaante van een hoef bijv., omwonden, gelijk in Fig. 10*a* en 10*b* afgebeeld is, met een koperdraad, die wederom omwoeld is met zijde, een stof, die men weet, dat de electriciteit slecht geleidt. Indien men dan het uiteinde A (Fig. 10*a*) aan de zinkpool en het uiteinde B aan de koperpool van een Voltaschen toestel bevestigt, dan volgt de stroom de omwindingen van den koperdraad, en oogenblikkelijk is de hoef een magneet geworden, hebbende zijn zuidpool bij Z en zijn noordpool bij N, zoodat het ijzeren sluitstuk S met klem aangetrokken wordt. Zoodra verbreekt men echter de keten niet, door een der uiteinden los te maken, of dat sluitstuk valt weer af. Hecht men nu omgekeerd het uiteinde B aan de zink- en het uiteinde A aan de koperpool van den Voltaschen toestel, dan is de hoef op nieuw een magneet geworden, maar heeft nu zijn polen verwisseld.

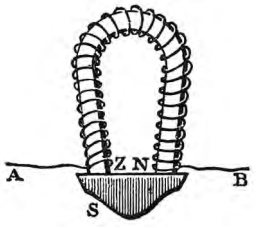


Fig. 10*a*.

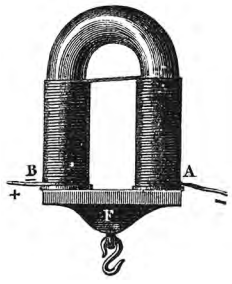


Fig. 10*b*.

Dat magnetisch zijn of niet van een omwonden week ijzeren hoef, naargelang een electrische stroom al dan niet de koperdraadomwinding doorgaat, maakt den grondslag uit van de tegenwoordige electrische telegraphen.

Als men aan een plaats een Voltasche batterij heeft, en aan een van hare polen, de koperpool bijv., een stevigen metaaldraad bevestigt, die uren ver tot aan een andere plaats reikt en vandaar terugkeert naar de eerstgemelde plaats, om aan de andere pool der batterij terecht te komen, dan is de galvanische keten gesloten, en de electrische stroom doorloopt den geheelen draad met een snelheid die ongeloofelijk is, en die van het licht hoogstwaarschijnlijk nog verre overtreft. Instedevan den geleiddraad, ter bestemde plaatse aangeko-

men, te doen terugkeeren, kan men volstaan met hem aldaar aan een groote koperen plaat te verbinden, die rechtop den grond wordt ingelaten, mits men dan de pool, waartoe hij anders moest terugkeeren, mede aan dergelijk een in den grond begraven plaat vastmake; dan sluit de bodem zelf de keten, en de stroom vindt zijn weg en loopt behoorlijk rond.

Nu verbeelde men zich op de plaats waarheen men seinen wil, een omwonden hoef als boven beschreven is, in de geleiding ingevoegd, en op de plaats vanwaar men bericht wil geven, een inrichting, waardoor men in staat is, de gemeenschap, hetzij tusschen de zinkpool en den grond of tusschen de koperpool en den geleiddraad, spoedig, zoo dikwijls en voor zoo lang men verkiest, af te breken of te herstellen, dan heeft men het in zijn macht, om op de gindsche plaats het sluitstuk naar believen van den hoef te laten afvallen of er door te doen aantrekken. Men heeft derhalve een heen- en wedergaande beweging, waarover men, op den verren afstand waarop men zich bevindt, kan gebieden, als bestuurde men ze onmiddellijk met eigen hand. Door die beweging te verbinden aan een hefboompje, kan men ze met behulp van een vork bijv. overbrengen op een getand rad, bij wijze van den gang van den slinger aan onze uurwerken. Aldus kan men een wijzer over een met letters in het rond beteekende plaat van letter tot letter doen overspringen, en zoo men maar op zijn tellen past, stand doen houden bij de letter die men bedoelt. Later is een in velerlei opzichte nog verkieslijker stelsel gevolgd geworden. De andere arm van het gezegde hefboompje houdt een stift die tegen een reep papier zonder einde al of niet aanrukt, naargelang het sluitstuk door den hoef wordt aangetrokken of niet; dien druk kan men hetzij maar een oogenblik of een weinig langer doen aanhouden. Het papier ligt op een cylinder, die door een uurwerk langzaam en gelijkmatig omgewenteld wordt, zoodat het onder de stift heenschuift. Men verkrijgt daardoor op het papier opvolgende punten en strepen, en ten hoogste vier van die twee karakters, op verschillende wijzen genomen, geven reeds dertig onderscheiden teekens, dat meer dan voldoende is, om het geheele alphabet te vertegenwoordigen, waarbij men nog gezorgd heeft, de eenvoudigste teekens,

bijv. één punt, of één streep, of eerst een punt en dan een streep, enz. voor de meest voorkomende letters E, N, A, enz. te bezigen. De berichten worden op die wijze in druk overgebracht, en het seinen vordert niet meer tijd, dan het schrijven in gewoon schrift zou vereischen.

Evenals men door middel van scheikundige werkingen een electrischen stroom kan voortbrengen, kan dat ook plaats hebben langs andere wegen, waarvan die welke de meeste toepassing gevonden heeft, berust op de beweging van een stroomgeleider in de nabijheid van een magneet of omgekeerd. Zoodra men een stroomgeleider tot een magneet doet naderen of daarvan verwijdert, ontstaat er namelijk in den stroomgeleider een electrische stroom, die zich in alle eigenschappen gelijk toont aan den stroom door een batterij verkregen; en omgekeerd, wanneer men een electrischen stroom in de nabijheid van een magneet doet ontstaan of versterkt, doet ophouden of verzwakt, oefent dat ook invloed uit op de sterkte der magneetkracht van de magneet. Van deze wederkeerige beginselen maakt men op groote schaal gebruik tot het verkrijgen der electriciteit, noodig voor electrische verlichting en voor de telephoon.

Bij de eerste toepassing laat men een spiraaldraad zeer snel rondraaiën tusschen de polen van een vaststaanden magneet, waardoor in die draad een zeer sterke electrische stroom te voorschijn gebracht wordt. Bij het bewegen van de electriciteit door een geleider ondervindt zij een meer of minder grooten weerstand, afhankelijk van het kleiner of grooter geleidingsvermogen van den geleider, en evenals bij het wrijven van twee stukken hout tegen elkander door het overwinnen van den weerstand warmte ontstaat, zoo doet ook de electriciteit bij haren doorgang door een lichaam daarin warmte ontstaan, destemeer, naarmate de weerstand, dien zij te overwinnen heeft, grooter is. De langs bovengemelden weg verkregen electrische stroom wordt nu door een zeer slecht geleidende stof gevoerd, zooals aarden pijpjes en verkoold papier; door de ontwikkelde warmte gaan deze gloeiën en leveren het electrisch licht. Natuurlijk, dat men bij het gebruik van verkoold papier alleen een duurzaam licht verkrijgen kan, indien men dat papier belet, niettegenstaande zijn hooge tempe-

ratuur te verbranden of in asch over te gaan, dat men kan doen, door het in een luchtledige ballon te sluiten.

De telephoon bestaat wezenlijk uit een door metaaldraad omwonden, doch daarvan geïsoleerd magneetstaafje, tegenover welks ééne uiteinde zich een week ijzeren plaatje bevindt, dat daar vrij tot het staafje naderen en zich er van verwijderen kan; twee metaaldraden, afkomstig van twee zoodanige toestelletjes, die zich op verschillende plaatsen bevinden, zijn met elkander verbonden. Spreekt men nu in de nabijheid van het eene toestelletje, dan geraakt daar het week ijzeren plaatje in trillende beweging, nadert daardoor telkens tot het magneetstaafje en verwijdert zich beurtelings daarvan; maar een stukje week ijzer tegenover een magneetpool geplaatst, wordt zelf ook een magneet. Bij de beweging van het plaatje beweegt zich dus een magneet (het week ijzeren plaatje) in de nabijheid van den draad, die het magneetstaafje omgeeft. Hierdoor ontstaan er in dien draad electrische stroompjes, die naar het andere toestelletje overgevoerd worden Daar loopen deze om het daar ter plaatse aanwezige magneetstaafje, versterken daarvan de magneetkracht of doen deze verzwakken, waarvan het gevolg is, dat het week ijzeren plaatje daar nu eens meer, dan weer minder sterk door het magneetstaafje wordt aangetrokken en zoo doende in trillende beweging geraakt en volmaakt dezelfde trillende beweging verkrijgt als het week ijzeren plaatje in het eerste toestelletje; daardoor zullen beide plaatjes dezelfde geluidsgewaarwordingen kunnen doen ontstaan; met andere woorden, als een persoon in de nabijheid van het eene toestelletje spreekt of zingt, zal een andere persoon met het oor aan het andere toestelletje den eersten goed kunnen verstaan en hooren.

ZEVENDE AFDEELING.

Delfstoffen.

I.

Over Grondsoorten.

Men verdeelt de natuurlichamen gewoonlijk in delfstoffen, planten en dieren, ook wel in levende en niet levende wezens, en brengt dan planten en dieren tot de levende, delfstoffen tot de niet levende wezens; tot deze laatsten behooren intusschen ook water en lucht.

Wat wij onder den naam van delfstoffen verstaan, blijkt uit het woord zelf: alle stoffen, die uit de aarde gedolven worden. Het zijn die, welke gezamenlijk de aarde uitmaken, dat is, dat groote vaste lichaam waarop wij staan en gaan, waarin de planten door middel van hare wortels bevestigd zijn, en waarop wij onze woningen bouwen. Dat de aarde uit verschillende soorten van stoffen bestaat, dat er verschillende soorten van grond zijn, is een ieder bekend en valt dadelijk in het oog, wanneer men verschillende landstreken bezoekt. Hier zien wij een dorren zandgrond, daar een vetten kleigrond, elders leemgrond of mergel, op vele plaatsen vinden wij veenderijen, en van die alle onderscheiden wij nog weder de eigenlijke aarde, in een meer bepaalden zin aldus genoemd. Om aan het woord aarde

geen twee beteekenissen te geven, zullen wij deze laatste stof tuin- of teel-aarde noemen.

De bovenste stof, die wij in den grond aantreffen, is meestal deze teel-aarde; zij is het, die voor den groei der meeste planten noodig, en dus voor den landbouw en de veeteelt van groot belang is. Daar, waar zij óf geheel ontbreekt, óf in geringe hoeveelheid aanwezig is, groeit weinig, en zulk een bodem noemen wij onvruchtbaar. Het is een stof, die zwart van kleur is, en die uit weinig samenhangende deelen bestaat, zoodat zij tot poeder gedroogd uit elkander valt, en gemakkelijk tusschen de vingers fijn gewreven kan worden. Zij neemt water uit de lucht op, en kan daarvan $\frac{3}{4}$ van haar eigen gewicht bevatten, zonder er nat uit te zien. Overgiet men ze met zuiver water en roert men ze daarmede om, dan bezinkt er vooreerst een hoeveelheid zand uit. Een klein gedeelte van de aarde zelve lost zich in het water op; als men toch van dat water door verwarming uitdampt, dan laat die verdamping een lichaam achter, dat eenige overeenkomst heeft met vuil zout. Verhit men de overig gebleven aarde sterk, zoo verbrandt zij en verandert in lucht; vangt men die lucht op, en onderzoekt men ze, dan blijkt het koolzuur en waterdamp te zijn. De bestanddeelen van teel-aarde zijn dus voornamelijk kool- en waterstof, en ook zuurstof; want dat deze laatste stof er mede in voorkomt, is bij nauwkeurig onderzoek gebleken. Teelaarde heeft dezelfde bestanddeelen als die in planten voorkomen; trouwens het is bekend, dat tuinaarde zich juist daar vormt, waar boomen, of gras, of heideplanten gegroeid hebben en vergaan zijn. Wederkeerig geeft die zwarte aarde voedsel aan de planten, die daarop groeiën. Vandaar dan ook, dat een land, waarop jaar aan jaar planten groeiën, die daaruit haar voedsel trekken, en die afgemaaid en weggevoerd worden, na eenigen tijd uitgeput is, terwijl zulks niet het geval is, als het gewas op het land blijft staan, vergaat en op zijn beurt aarde vormt, die weder voedsel voor volgende planten geven kan.

De eigenlijke teel-aarde komt nooit alleen in den grond voor; men vindt ze vermengd met vele overblijfselen van vergane planten, die nog niet in aarde veranderd zijn, vooral wortelvezels; buitendien bevat zij altijd een groote hoeveelheid van twee andere grondsoorten,

zand namelijk en klei; zand maakt zelfs van de vruchtbaarste tuin-aarde nog drie vierde gedeelten uit.

Veel overeenkomst met de tuin- of teel-aarde heeft een andere grondsoort, die zeer menigvuldig in Nederland wordt aangetroffen, veen namelijk, waarvan de turf vervaardigd wordt. Versch uit den grond gedolven veen is een stof van alle mogelijke tinten, van bruin tot bij zwart af, die brandbaar is en na de verbranding een hoeveelheid asch achterlaat. Als men een turf nauwkeurig beziet, ontdekt men daarin duidelijk vezels, wortels van planten, van riet of biezen, en deze zoowel als de verbranding toonen aan, dat veen uit planten ontstaan is. De luchtsoorten toch die bij het verbranden van turf zich ontwikkelen, zijn dezelfde als die welke de verbranding van planten oplevert. Veen bestaat mede uit koolstof, waterstof en zuurstof, en uit hetgeen wij gewoon zijn asch te noemen. Bovendien is er dikwerf zand in gemengd.

Als de turf uit den grond gehaald wordt, bevat hij een groote hoeveelheid water, dat er reeds door drogen in de lucht uittrekt, deels door verwarming uitgedreven kan worden. Er zijn turfsoorten wier gewicht tot op de helft indroogt, van sommige soorten blijft maar $\frac{1}{10}$ van het aanvankelijk gewicht over. De gedroogde turf vormt een samenhangend geheel, dat lichter is dan water, en dat door sterke persing tot een aanmerkelijk kleiner omvang samengedrongen kan worden; het is tevens veerkrachtig, en dus zeer geschikt om geluidstrillingen voort te planten. Men onderscheidt twee hoofdsoorten van venen: lage en hooge venen, welke benaming afkomstig is van de ligging van den grond, waarin het veen voorkomt. De eerstgemelde geven zwarter en zwaarder turf, de laatste grauwer of lichter gekleurden, die echter, hoe dieper men in den grond graaft, des te donkerder wordt. In de laatste soort kan men de overblijfselen van planten gemakkelijker onderscheiden dan in de eerste. Uit de lage venen, in welke de veenstof weinig samenhang heeft, wordt deze door baggering uitgehaald, en over het land in een laag uitgespreid, die men, nadat zij droog geworden is, in turven verdeelt. In de hooge venen daarentegen wordt de veenlaag onmiddellijk op de plaats zelve afgestoken; vandaar de benamingen van bagger- en steekturf. In de venen vindt men

dikwerf boomstammen liggen, waarvan blijkbaar de stompen met hun wortels nog rechtop in den grond bevestigd staan. Die boomen moeten dus op de plaats zelve, waar men hun overblijfselen vindt, gegroeid zijn; het zijn eiken, esschen, elzen, berken, wilgen en dennen; ook heeft men er nog overblijfselen van de vruchten dier boomen, als eikels, knoppen van dennenzaad, enz. in gevonden.

Een ander veelvuldig voorkomend bestanddeel van den grond noemen wij klei. Deze bestaat uit zeer fijne deelen, die aan elkander kleven en daardoor samenhangende kluiten vormen. Als klei met water gemengd wordt, vereenigt zij zich daarmede zoodanig, dat klei en water te zamen één deeg worden, hetwelk men kan kneden, en waaraan men dus iedere verlangde gedaante kan geven. Door dit deeg aan de zonnehitte bloot te stellen, droogt het uit en wordt dan hard, waarbij het scheuren verkrijgt, die maken dat de kluit zich in brokken verdeelt. Met overvloedig water overgoten, valt de klei uiteen tot een fijn poeder; brengt men ze vervolgens in beweging, en laat men ze bezinken, zoo bevindt men dat de gewoonlijk voorkomende klei een mengsel is van eigenlijke klei met aarddeelen, en vooral met een grooter of kleiner hoeveelheid zand. Is de klei bijna zuiver, dan geeft zij bij aanraking een dergelijk gevoel als vet, en men noemt ze dan vette, beter zware klei; want eigenlijk vet of olie bevat zij niet. Is zij met meer zand gemengd, dan heet men ze magere of lichte klei. Is er zóóveel zand onder dat zij toch nog goed aaneenkleeft, en geen water doorlaat, dan heet zij leem. De aanwezigheid eindelijk van nog meer zand geeft er den naam aan van zavelgrond. Hoe minder de deelen aan elkander hangen, zoodat er te eer water doorheen kan dringen, des te gemakkelijker kunnen zij door ploeg of spade gescheiden worden. De kleur van klei is verschillend; de zuiverste klei is bijna wit; maar meestal is zij niet zuiver en heeft dan een grauw, dikwerf een blauw of groenachtig, somtijds een bruin of roodachtig voorkomen, al naar gelang de bijgemengde stoffen verschillend gekleurd zijn. Aan een groote hitte blootgesteld, verbrandt zuivere klei niet, alleen krimpt zij dan aanmerkelijk in, en wordt daarbij tot een geheel verhard, welks deelen sterk samenhangen; het is de stof, die wij als gebakken steen, aardewerk, tegels, vloersteenen, dak-

pannen enz. kennen. Onder het branden verandert de kleur en wordt, naar gelang ook van den graad van verhitting, hetzij rood, geel of groen.

De eigenschap der kleideelen van aaneen te kleven, maakt een grond, die uit enkel klei bestaat, ondoordringbaar voor de wortels der planten, en dus onvruchtbaar. Is echter de klei met zand gemengd, zoo is ook die samenhang op vele plaatsen minder, en de grond dus beter voor den plantengroei; in allen gevalle is er regen noodig om den grond los te maken, met mate evenwel, daar het water door zuiveren kleigrond niet, en door gemengden maar weinig heendringt, zoodat de plant licht door te veel water omringd zou blijven, 'tgeen voor het groeien ook schadelijk is.

Met klei overeenkomstig, maar toch daarvan verschillende, is de grondsoort die men mergel noemt. De kenmerkende eigenschap van mergel bestaat daarin, dat, als men er azijn of een ander zuur op giet, er luchtbellen uit oprijzen; deze lucht is gebleken koolzuur te zijn. en men heeft verder gevonden, dat dit koolzuur in den mergel met kalk verbonden is. 't Is de aanwezigheid van koolzuren kalk die den mergel kenmerkt; de samenhang en de kleverigheid van den mergel duiden verder klei daarin aan, en deze maakt er niet het geringste deel van uit; dikwerf is er bovendien zand in aanmerkelijke hoeveelheid onder. Naarmate nu van de verhouding waarin kalk, klei en zand gemengd zijn, onderscheidt men mergelklei, kleimergel en zandmergel. De kalkdeelen zijn wit van kleur, en door hun vermenging met de andere bestanddeelen van den mergel ziet deze er gewoonlijk witachtig grauw uit. De mergel is minder vet en kleverig, op het gevoel daarentegen scherper, harder en brozer dan klei. Men vindt dikwerf overblijfselen van schelpen, hoorntjes en slakkehuizen in den mergel, en daar deze ook uit koolzuren kalk bestaan, zoo is het waarschijnlijk, dat de kalkdeelen van dergelijke lichamen afkomstig zijn.

Zand is een verzameling van zeer harde korrels, die niet aan elkander hangen; de korrels verschillen in grootte, bij fijn en grof zand, van een onderdeel van een m.M. tot 3 à 4 m.M. Zijn de korrels grooter, dan noemt men ze steentjes, en de verzameling daarvan krijgt den naam van grint. De gedaante der korrels

is ook zeer verschillend, somtijds afgerond, somtijds met scherpe hoeken of punten; men onderscheidt daarom zacht en scherp zand. Als men zand van nabij beziet, vindt men dat het meestal een mengsel is van eigenlijk zand met aarddeelen, ook met kleideeltjes; om het daarvan af te scheiden, giet men er water op, roert het daarmede om, en laat de zwaardere deelen bezinken, het water blijft dan troebel, omdat de kleine deeltjes er in blijven zweven. Giet men dit troebele water af, en herhaalt men dat afspoelen eens of meermalen, totdat het water, na het omroeren, eindelijk geheel helder wordt, dan is het bezinksel bijna zuiver zand. Het bestaat dan grootendeels uit zeer licht gekleurde korrels, die dikwerf doorschijnend zijn als glas, maar over het geheel, onder een vergrootglas gezien, uiterlijk veel op witte keisteenen gelijken, waarmede zij trouwens ook in inwendigen aard geheel overeenkomen. Zuiver zand kleeft in 't geheel niet aan de vingers; het verandert niet, als het in azijn gelegd wordt; en evenmin als men het zeer sterk verhit, zoodat van verbranding geen sprake zijn kan. Een grond, die zuiver zand bevat, is zeer licht van kleur en somtijds bijna wit; maar op vele plaatsen heeft zandgrond een andere kleur, nu eens lichtblauw, dan weder geel, lichtbruin en zelfs donkerbruin, somtijds zwartachtig of grijs. Bezien wij zulk gekleurd zand van nabij, dan ontdekken wij spoedig de reden van die kleur. Wij zien dan dat het zand uit verschillende deelen bestaat, uit ongekleurde korrels, het eigenlijke zand, en uit andere gekleurde stoffen. Zoo is bijv. de zwarte kleur een gevolg van de aanwezigheid van deelen teelaarde en veen, de gele of bruine, van ijzerroestdeelen. Valt dat onderscheid niet dadelijk in het oog, dan is het dikwerf nog mogelijk door slibben of spoelen aan te toonen, dat zulk zand een mengsel is van zuiver ongekleurd zand met een andere stof; want dan zien wij het bij het bezinken zich scheiden in lagen, waarvan de eene veel minder kleur heeft dan de andere. Wat aan zulk een vermenging nog meer waarschijnlijkheid bijzet, is, dat, als wij het zand in den grond zelven bezien, wij de zwarte kleur dan juist aan dát zand vinden, hetwelk dicht bij de aarde of het veen ligt, de bruine daarentegen in de nabijheid van ijzererts, enz. Het scherpe zand is het minst met andere stoffen gemengd, het zachte meer, en

de deelen van dit laatste kleven dikwerf eenigermate aaneen door de werking dier ingemengde stoffen; men vindt alsdan bonken, die echter zeer gemakkelijk fijn gemaakt kunnen worden. Zandgrond heeft de eigenschap, dat het water er gemakkelijk doorheen zakt, en dat de bovenste laag, als zij door de zon verwarmd wordt, het daarin bevatte water gemakkelijk laat verdampen. Vandaar, dat een hooge zandgrond onvruchtbaar is, daar de bodem geen vocht genoeg blijft bevatten, dat de planten tot zich kunnen trekken, hetgeen een noodzakelijk vereischte voor haren wasdom is.

II.

Keisteenen.

Van het zand zelf moeten wij onderscheiden de kleinere en grootere steenen, die daarin gevonden worden, en die wij gewoon zijn k e i e n te noemen. In sommige streken ontbreken die geheel, zooals in de duinen aan de zeekust, waarin men niet dan stukjes van zeeschelpen vindt; elders zijn zij daarentegen in groote menigte aanwezig, zooals in het zand van de heiden van Utrecht, Gelderland, Overijsel, Drente en Groningen. Die steenen, nauwkeurig bezien, leveren veel verschil en veel merkwaardigs op, terwijl zij ook, naarmate van hun verschillenden aard, voor verschillende oogmerken dienstig zijn. Uitwendig reeds zijn zij zeer onderscheiden, in grootte zoowel als in vorm en kleur. Van een duim af vindt men steenen van alle grootten; in Drente liggen er een aantal, waaronder één, niet ver van het dorp Noord-Laren, die 33 voet in omvang heeft.

De vorm der steenen kenmerkt zich door het afgeronde; scherpe kanten en punten, zooals men die ziet aan steenen die versch doorgebroken zijn, vindt men er bijna nooit aan, het puntige is afgerond, alsof zij lang heen en weder gerold waren. Zij hebben daarin veel overeenkomst met die kleinere steenen welke uit de rivieren opgehaald worden, en door de schuring van het water zoo zijn afgerond.

Het uitwendige van steenen die lang aan lucht en water blootgesteld geweest zijn, is meestal grauw, en levert weinig kenmerkends

op. Maakt men ze echter schoon, door afschuren, dan ziet men reeds, dat de steenen van zeer onderscheiden aard zijn. Wij kunnen dit dadelijk waarnemen aan de groote steenen die den rijweg van de straten in vele steden en dorpen uitmaken, en die, door het berijden vrij glad geworden, zoolang zij droog zijn, er alle grauw uitzien; maar, als het er op geregend heeft, te onderscheiden zijn in witte, blauwe, donkerroode, lichtroode en groene; op deze laatste vertoonen zich een menigte witte vlekjes, dikwerf van regelmatige gedaante, die doen zien dat de steen uit verschillende soorten van stof bestaat.

Nog duidelijker vertoont zich het verschil, als wij van de steenen een stuk afslaan, ten einde een geheel versche breuk te verkrijgen, die nog niet aangedaan is door de werking van lucht of water, en waar zich nog geen aarde of stof op gezet heeft. Van binnen vertoont de steen dan dikwijls veel helderder en fraaier kleuren dan van buiten, terwijl wederom de breuk ook in andere opzichten bij onderscheiden steenen zeer verschillend is. Sommige steenen zijn zeer moeielijk te breken, omdat de deelen met een groote kracht aan elkander hangen, deze zijn dus zeer hard; daartoe behoort de zoogenoemde kei- of kiezelaarde, die meestal wit van kleur is, dikwerf doorschijnend, en die een breuk vertoont veel gelijkende op die van glas. Met staal geslagen, heeft zij de eigenschap van vuur te geven, daarin overeenkomende met de vuursteenen, die men op de geweren gebruikt; dit trouwens zijn niet anders dan stukken donkerkleurige kiezelaarde. Bij dat vuurslaan vliegen er kleine ijzerdeeltjes van den vuurslag af, die door de sterke wrijving zóó heet zijn geworden dat zij gloeien en verbranden, zooals blijkt aan de deeltjes verroest ijzer die men vindt, als men dat vuurslaan verricht boven een vel papier. Kiezelaarde verandert niet, wanneer men er azijn op giet, en evenmin smelt zij in het vuur. Van de zuivere kiezelaarde moeten vele andere soorten van steenen, die men ook den naam van keiën geeft, wél onderscheiden worden, daar zij niet dezelfde eigenschappen bezitten. Een dier eigenschappen bijv. is, dat het minder moeite kost om ze door te breken; één slag doet ze barsten of in kleine stukjes uit elkander springen. Bij de steensoorten waarbij dit plaats heeft, kan men op het oog deelen van verschillenden aard onderscheiden, die in

den steen naast elkander liggen en aan elkander vastzitten. Daartoe behoort die groen-witte steen, waarvan wij zoo even spraken en die den naam van groensteen draagt; verder een andere steensoort, die uit drie soorten van deelen bestaat, uit zulke namelijk, die een regelmatige vierkante gedaante hebben, en dikwerf vleeschkleurig zijn, voorts uit zeer sterk glimmende plaatjes, die soms zilver- of goudkleurig zijn, en daarom wel eens ten onrechte voor goud- of zilverhoudend zijn aangezien, eindelijk uit kleine stukjes witte kei-aarde. Deze steensoort is zeer moeielijk glad te slijpen; want bij het afslijpen van de uitstekende deelen, springen er de bestanddeelen uit, en maken nieuwe oneffenheden. Vandaar, dat die steen, als er wegen van aangelegd zijn, door het berijden niet glad wordt, men noemt hem graniet; tot die soort behooren vele der grootste keisteenen in ons vaderland, onder andere die, welke de zoogenaamde Hunnebedden in Drente uitmaken, waarvan wij zoo straks reeds met een woord gewaagden.

In andere steenen ziet men, wanneer men ze doorslaat, een menigte kleine, lankwerpige gaatjes, van onregelmatigen vorm, die zich veelal als korte barsten voordoen; ook zijn er dikwerf kleine ijzerdeeltjes in te onderscheiden, die aan het binnenste van den steen verroest zijn, en als kleine vlekken zich vertoonen; of wel, die ijzerdeelen zijn van het uitwendige geheel verdwenen, en hebben ook kleine openingen achtergelaten, die aan de gedaante zeer wel van de barstjes te onderscheiden zijn; soms toch zijn zij zeer regelmatig vierkant, en over het geheel in vorm zóó gelijk aan de ijzerdeeltjes die in het inwendige voorkomen, dat men daaruit besluit, dat er dergelijke ijzerkristalletjes voorhanden geweest zijn. Deze steensoort heeft overeenkomst met den gebakken steen, die tot het bouwen van huizen gebruikt wordt; immers als men dezen doorbreekt, vindt men ook kleine barsten in menigte, die in de ongebakken klei niet aanwezig zijn, maar die er onder het bakken in den oven in zijn gekomen; in den gebakken steen ziet men ook zandkorrels tusschen het verharde kleideeg in liggen, die zich daarvan onderscheiden, evenals in den natuursteen de ijzerdeelen van de hoofdstof van den steen zich laten onderkennen.

Nog weder een ander soort van steenen vertoonen, als men ze

doorbreekt, een verdeeling in dunne lagen, die echter aan elkander verbonden zijn, zooals bij een doorgebroken lei; zulke steenen schilferen op de breuk; gewoonlijk vereischt het veel minder kracht om ze langs die lagen vaneen te doen splijten, dan of men ze in een richting dwars op die lagen doorbrak. Ook onder die leiachtige steenen is weder zichtbaar verschil in bestanddeelen en kleur. Zij komen intusschen in ons land veel minder voor dan de korrelige en dichte steensoorten.

Somtijds, maar zelden, vindt men steenen van een geheel eigenaardig samenstel, en die inwendig hol zijn; men erkent ze aan den klank dien zij geven, als men er met een hard lichaam tegen slaat; zulke steenen zijn meestal lankwerpig rond. Breekt men ze door, dan ziet men op de breuk dikwerf een aantal zeer dunne lagen, die gekromd zijn overeenkomstig den uitwendigen vorm van den steen, en die verschillend van kleur zijn; de holte zelve is somtijds met kleine kristallen bezet, die zeer fraai en regelmatig zijn, dit is gekristalliseerde kiezelaarde of zoogenoemde kwarts.

III.

Oer. IJzer-erts.

Tot de stoffen, welke de grond van Nederland op vele plaatsen bevat, behooren ook oer en ijzer-erts, die wij bij elkander noemen, omdat de eene stof zoowel als de andere ijzerhoudend is. Als ijzer lang aan lucht en vocht blootgesteld wordt, verandert het in een bruine of geelachtige zelfstandigheid, die gemakkelijk fijngewreven kan worden. Zulk ijzerroest vinden wij dikwerf door het zand heengemengd, dat dan, meer of min sterk gekleurd, oerig genoemd wordt. Somtijds zijn de zandkorrels daardoor aan elkander verbonden en vormen een zoogenoemde oerbank, die ondoordringbaar is voor water en voor de wortels van planten; op plaatsen waar zich derhalve zulk een oerbank op een zeer geringe diepte onder den grond bevindt, is de bodem niet geschikt voor plantengroei. Eindelijk vindt

men ook zeer harde stukken of bonken, rondachtig van vorm, donkerbruin van kleur, ter grootte van een vuist en meer, die, omdat zij in moerassige streken voorkomen, moeras-ijzer, genoemd worden. De hoeveelheid daarvan is zóó groot, dat men er ijzer uit bereidt; met andere woorden, dat men het daarin aanwezige ijzer afscheidt van de andere stoffen, die er mede verbonden zijn. Delfstoffen in het algemeen, die eenig metaal bevatten, en tot uitscheiding daarvan gebezigd worden, weten wij, worden ertsen genoemd; het moeras-ijzer is dus een ijzer-erts. Het is vooral in sommige streken van Overijsel en Gelderland, dat men dezen ijzer-erts vindt, en er ijzer uit smelt. De bereiding is daarom merkwaardig, omdat het de eenige van dien aard is die in Nederland plaats heeft; van geen andere metalen toch worden hier ertsen aangetroffen. De Nederlandsche ijzer-erts wordt met houtskool in een oven verhit; bij de groote hitte in den oven smelt dit ijzer, en vandaar, dat men van het uitsmelten van den erts spreekt. Evenals het ijzer, komen elders ook de overige metalen, gelijk ons in bijzonderheden gebleken is, bijna zelden anders dan met vreemde stoffen verbonden in den grond voor, dus niet als zuiver metaal, maar als ertsen, en moeten zij door een soortgelijke behandeling uitgescheiden of zoogenoemd herleid worden.

IV.

Ligging der Grondsoorten.

Aarde, veen, klei en zand, de hoofdbestanddeelen van onzen grond, worden daarin, gelijk wij zagen, bijna nooit geheel zuiver, maar meestal meer of min met elkander gemengd, aangetroffen; desniettemin bestaat de grond meestal uit lagen, die gemakkelijk van elkander te onderscheiden zijn, en in elk waarvan een dier grondsoorten telkens het hoofdbestanddeel uitmaakt.

Dikwijls biedt zich de gelegenheid aan om zich hiervan te overtuigen. Bijv. als ergens een heuvel afgezand wordt, als er slooten door het land gegraven, of putten gedolven of geboord worden;

zoo ook als er opgravingen geschieden, om de grondslagen van een gebouw te leggen, of daarvoor de grondpalen te heiën; verder bij het graven van trekvaarten, of het aanleggen van wegen. Het is dus een bekende zaak bij boeren, putgravers en allen, die veel buiten zijn, en maar willen letten op hetgeen daar te zien valt. Die lagen zijn op het oog zeer kenbaar aan hare verschillende kleur; zij gaan somtijds onmerkbaar in elkander over, meestal echter zijn zij door scherpe lijnen van elkander afgescheiden. De teel-aarde wordt, tenzij zij ontbreken mocht, altijd als bovenste laag gevonden, daaronder een afwisseling van lagen veen, klei en zand; de orde waarin deze, van boven naar beneden gaande, elkander opvolgen, is zóó verschillend op verschillende plaatsen, dat wij daarvan in het algemeen niets kunnen zeggen; alleen heeft men daar, waar men diep ingegraven heeft, overal als onderste laag zand gevonden. Ook het aantal der lagen verschilt; maar elke laag, de dunste niet uitgezonderd, breidt zich dikwerf vele uren ver uit; de dikte bedraagt somtijds maar eenige c.M., dan weer een aantal M. Graaft men op punten, die uren van elkander verwijderd liggen, dan vindt men dikwijls de eigen lagen, en in de eigen orde; de dikte van een en dezelfde laag blijft echter op afstanden niet onafgebroken even groot. Eenige voorbeelden zullen een en ander duidelijk maken.

Fig. 11 stelt ons een doorsnede van het grootste gedeelte van het eiland Schokland voor, tot op omstreeks 9 M. diepte. Op den bovengrond (1) volgt (2) een laag klei, daarop (3) veen, waaronder zich (4) zand bevindt, op de wijze waarop dit in de figuur aangeduid is.

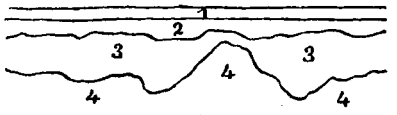


Fig. 11.

Een ander leerzaam voorbeeld geeft ons Fig. 12 (zie volgende bladzijde), voorstellende een doorsnede in de nabijheid der rivier de Lek, bij Vreeswijk, en dwars op de richting der rivier genomen: *a* stelt de rivier voor; *b* den dijk, 1 het land buitendijks, 2 het land binnendijks, welk laatste 1.3 M. lager gelegen is dan het eerste. Zoowel binnen- als buitendijks treft men klei aan onder de begroeide laag, maar deze (*c*) is buitendijks 1.3

hooger dan binnendijks, en tegelijk 1.3 dikker, zoodat het ondervlak aan weerszijde juist op gelijke diepte wordt aangetroffen; daaronder vindt men een doorgaande veenlaag (*d*), en vervolgens weder zandgrond (*e*).

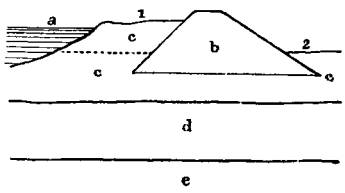


Fig. 12.

Hetgeen wij hier zien, dat het land buitendijks hooger is dan binnendijks, wordt bijkans overal langs onze rivieren waargenomen; wij kunnen hieruit leeren, hoe sommige lagen langzamerhand ontstaan zijn. Deze ophooging toch wordt veroorzaakt door de rivieren zelve, die de in haren stroom zwevende stoffen, steentjes, zand en kleideelen, medevoeren en laten bezinken, daar waar de snelheid van het rivierwater minder wordt. Zoo dikwerf de rivier bij hoogen waterstand de uiterwaarden overstroomt, bezinken dus daarop stoffen, die het land ophoogen; in ons voorbeeld is op die wijze het bovendeel der kleilaag gevormd, ter dikte van 1.3 M., en het is duidelijk, dat die laag eerst ontstaan is nadat de dijk aangelegd was; want te voren zou de hooge rivier ook het land aan de binnenzijde des dijks overstroomd, en dit dus mede in de ophooging gedeeld hebben. Vermits wij nu zeker zijn, dat de bovenste kleilaag, sedert den aanleg van den dijk, door de rivier is gevormd geworden, moeten wij het voor waarschijnlijk houden, dat het onderste gedeelte dier laag, welke zich ook onder het land binnendijks uitstrekt, insgelijks aan overstroomingen van vroeger tijd is toe te schrijven.

De rivier doet intusschen niet overal kleigronden ontstaan; dit geschiedt alleen daar, waar het water bijna tot stilstand komt, omdat daar alleen de fijne kleideelen bezinken; bij een eenigszins grooter snelheid blijft deze stof drijvende en zinkt alleen het zwaardere zand. Bij doorbraken, waar het water met aanmerkelijke snelheid instroomt, wordt daarom het land altijd met zand bedekt. Zoo ook vormen zich in de rivier zelve, midden in den stroom, wel zandplaten, maar geen kleibanken; en begeeft men zich hooger op naar Arnhem of Nijmegen, dan vindt men hoe langer hoe grover zand, en eindelijk steentjes op den bodem der rivier bezonken. Alleen in den Hollandschen

IJsel treffen wij een voorbeeld aan van het ontstaan van een kleilaag in de rivier zelve; maar de oorzaak van die uitzondering wordt duidelijk, als wij bedenken, dat het afstroomende IJselwater bij elken vloed door het uit de Maas opkomende vloedwater tegengehouden wordt; dat er dus bij elken vloed een tijd lang stilstand van het water plaats heeft, en ziedaar juist de omstandigheid, die noodig is om klei te doen bezinken; het is die klei, welke onophoudelijk uit de rivier gebaggerd wordt, en waarvan in de steenovens aan den oever de zoogenoemde IJselsteenen gebakken worden.

Fig. 13 stelt een doorsnede van het duin voor, in de nabijheid van 's-Gravenhage, welke zichtbaar is geworden bij het graven van het kanaal naar Scheveningen; men vindt aldaar: (1) zand, (2) zwarten grond, (3) zand, (4) zwarten grond, (5) zand, (6) zwarten grond, (7) zand en (8) veen; 7 is tweemaal zoo dik als 6 en 2 te zamen.

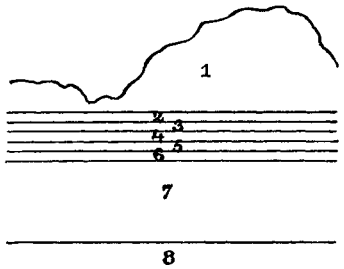


Fig. 13.

Het valt hier aanstonds in het oog, dat, terwijl het oppervlak van den duingrond afwisselend hoog en laag is, de lagen die onder het duinzand zich vertoonen, waterpas en doorgaans van gelijke dikte zijn; dat dus de zandheuvels, en de gronden waarop zij rusten, geen gemeenschappelijken oorsprong hebben; de aardlaag 6 moet eenmaal de oppervlakte van den grond hebben uitgemaakt; daarna moet die onder de laag zand 5 bedolven geweest zijn; op deze moeten weder planten gegroeid zijn, die de laag 4 hebben gevormd, welke verandering zich nogmaals herhaald heeft in 3 en 2, en eerst daarna moeten de duinhoogten er overheen ontstaan zijn; dit stemt ook overeen met hetgeen de geschiedenis ons leert, dat namelijk het zand der duinen door den wind sedert eeuwen landwaarts is verstoven, en zoo doende gronden die vroeger begroeid waren, of zelfs bebouwd werden, overdekt heeft.

Met de gesteldheid der duinheuvels is die van de meeste zandhoogten, in de verder van zee verwijderde streken, Utrecht, Gelderland

en Overijsel bijv., gebleken niet overeen te stemmen. Als men daar in den grond graaft, vindt men van boven af doorgaande zand; de onder- en bovengrond maken daar een gelijksoortig geheel uit. Uitzonderingen op dezen regel komen nochtans voor in de heuvels nabij Arnhem en Nijmegen, wier doorsnede zich vertoont zooals in Fig. 14.

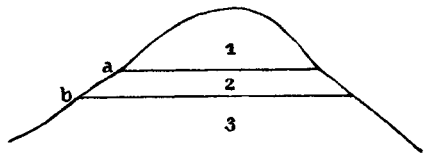


Fig. 14.

Van boven, onmiddellijk onder den begroeiden grond, vindt men aldaar zand (1), op een zekere diepte een laag leem (2), die dwars door den geheelen heuvel heengaat, en daaronder weder zand (3). De aanwezigheid van die leemlaag verdient onze aandacht, niet alleen omdat daarvan een nuttig gebruik gemaakt wordt in steenbakkerijen, maar ook wegens de eigenschap, die het leem heeft, van voor water ondoordringbaar te zijn. Ten gevolge van deze eigenschap kan het regenwater, dat door de bovenste zandlaag in den grond zinkt, niet verder doorzakken dan tot op de leemlaag, en langs de oppervlakte van deze heenvloeiënde, aan de helling van den heuvel bij *a* als een bron te voorschijn komen. In zulk een heuvel kan men ook, boven op de hoogte een put borende, welwater aantreffen, zoodra men de leemlaag bereikt heeft. Boort men daarentegen een put op een punt *b* dat beneden de leembank gelegen is, en waar het water in den grond diepweg kan zinken, dan zal men ook zeer diep moeten graven, eer men welwater vindt. Een voorbeeld hiervan treft men aan op de hoogten bij Beek en Ubbergen, waar men op geringe diepte een leembank aantreft, die eenige M. dik is, en daarboven en onder zand. Men heeft aldaar boven op den berg water gevonden, door maar tot een geringe diepte te graven, terwijl men op veel lager, maar beneden de leemlaag liggende, punten eerst op twintig en meer M. water verkreeg.

Als de gansche heuvel uit zand bestaat, zinkt het regenwater er geheel en al doorheen, tot op die diepte waar ook in het omliggende lage land het water in den grond wordt aangetroffen; daar zal men dan den put des te dieper moeten graven, naarmate het punt waar

men graaft, hooger gelegen is. Zoo heeft men in een fort in de nabijheid van Nijmegen, dat 60 M. hooger ligt dan de rivier, ook ruim 60 M. diep moeten graven om welwater te vinden; op de helling van zoodanige hoogte ontspringen mede nooit bronnen. Het is voor het overige voor het ontstaan daarvan juist niet noodig, dat er een leemlaag aanwezig zij, want iedere andere laag, mits maar het water er niet doorheen kunne dringen, moet hetzelfde verschijnsel voortbrengen.

Welke grondsoorten men op grooter diepten aantreft, is minder bekend, omdat men zelden dieper dan eenige weinige M. graaft. Enkele reizen heeft men dieper geboord, in de hoop van goed drinkbaar water te vinden, dat men op minder diepte niet aantrof. Zoo is men reeds in 1605 te Amsterdam in het oude-mannenhuis 73 M. diep gegaan; in later jaren heeft men te Amsterdam op de Nieuwmarkt tot 174 M., te Gorinchem tot 182 M, op de heide bij Zeist tot 162 M., en bij Enschede tot 186 M. geboord. Door die boringen weten wij, dat ook op meer aanmerkelijke diepten zand en klei in lagen gevonden worden, en dat er een groot verschil bestaat in hetgeen op verschillende plaatsen op gelijke diepte aangetroffen wordt. Te Amsterdam bijv. vond men op 28 tot 56 M. diepte een dikke kleilaag, en daaronder meer dan 100 M. niet dan zand; te Gorinchem met afwisseling klei en zand tot ruim 100 M. diepte en dan zand; bij Zeist heeft men, van boven af tot op de grootste diepte die men bereikte, bijkans enkel zand gevonden.

V.

Veranderingen van den Grond.

Hetgeen de waarneming ons omtrent de gesteldheid van den grond geleerd heeft, doet ons vragen: wat mag wel de reden zijn, dat die grond uit afwisselende lagen bestaat? en waarom bepaald uit lagen van zoodanige stoffen als wij gevonden hebben? Om die vragen te kunnen beantwoorden, moeten wij letten op de veranderingen die de

grond van tijd tot tijd ondergaat, en op hetgeen bij die veranderingen plaats heeft. De geschiedenis leert ons, dat de gesteldheid van water en land in Nederland groote wijzigingen heeft ondergaan. Op vele plaatsen is thans water, waar vroeger land was, en omgekeerd, daar waar waterplassen waren, heeft men tegenwoordig land.

De Zuiderzee was vóór 700 jaar een binnenmeer, welks omvang zich bepaalde tot het zuidelijke gedeelte van de tegenwoordige zee, en zij is sedert dien tijd viermaal grooter in omvang geworden; het Haarlemmermeer besloeg vóór 300 jaar 5600 H.A., en bedekte, toen het drooggemalen werd, 17800 H.A.; het was dus ruim driemaal zoo groot geworden,

Een groote streek lands in Zuid-Holland is in 't jaar 1421 in een waterplas veranderd, bekend onder den naam van den Biesbosch. De kust van Zuid-Holland strekte zich in vorige eeuwen verder zeewaarts uit; de kerk van Scheveningen bijv. stond nog vóór ruim een eeuw midden in het dorp, en staat thans zeer dicht aan strand, of beter gezegd, thans is het strand tot zeer dicht bij de kerk genaderd. In Zeeland is hetgeen vroeger het oostelijke gedeelte van Zuid-Beveland uitmaakte, in onzen leeftijd grootendeels water.

Maar ook het omgekeerde is gebeurd. Wij vinden op vele plaatsen land, waar vroeger zee was. Op vele eilanden van Zeeland heeft zich nieuw land gevormd, bekend onder den naam van schorren of aanwassen; afzonderlijke kleine eilanden zijn daardoor grooter geworden, en eindelijk tot een geheel verbonden; dit is het geval met Noord- en Zuid-Beveland, die vroeger door een wijd vaarwater van elkander gescheiden waren; Duiveland en Schouwen, en meer andere. In den Biesbosch, die vóór vier eeuwen niets dan water was, zijn sedert dien tijd weder een menigte kleine eilanden ontstaan, welke nog gedurig toenemen en te zamen reeds $\frac{2}{3}$ van den Biesbosch beslaan. In Friesland bestond vóór eenige eeuwen een meer, de Middelzee genoemd en gelegen tusschen Sneek, Bolsward en Leeuwarden, dáár vindt men thans niets dan land. Langs de rivieren wordt niet enkel opgehoogd, zooals wij straks zeiden, maar op vele plaatsen wordt ook nieuw voorland gevormd, zoodat er thans uiterwaarden bestaan waar vroeger de rivier stroomde, en dat plaatsen die vroeger aan de rivier lagen, er

nu een vierendeel uurs of een half uur van verwijderd zijn, zooals bijv. het geval is met Vlaardingen en Maassluis.

Als wij van deze veranderingen spreken, zeggen wij gewoonlijk, dat water land, of land water geworden is; die spreekwijze intusschen is zeer onjuist; dáár waar thans water is, en te voren land was, leert ons de geschiedenis, dat de golfslag stukken van het land afgebrokkeld heeft en dat de stroom die naar elders heeft medegesleept. Het land is dus verplaatst, en het water heeft de ledige plaats ingenomen; maar de aarde, of de klei, of het zand, die daar voorhanden was, is niet in water veranderd. Evenmin is, daar waar land ontstaat, water in zand of klei overgegaan; maar uit de ruimte waar zich het water bevond, is dit door vaste stoffen verdreven geworden. Wij zagen reeds hoe de klei van de uiterwaarden niets anders is dan slib, die in het rivierwater drijvende was, en die bezinkt, wanneer het water tot stilstand komt; die slib is elders, te weten hoogerop, door het rivierwater van de oevers of de bedding der rivier medegesleept, en zoo lang medegevoerd geworden als de snelheid van het water nog maar groot genoeg bleef, om ze zwevende te houden. En deze opmerking geeft ons de verklaring, waarom wij de klei in waterpasse lagen aantreffen. Als wij in een glas water vaste deelen vermengen, en dat water tot rust laten komen, vormt er zich op den bodem van het glas uit die bezinkende stoffen een laag, die van onderen zich aan den bodem van het glas aansluit, maar die van boven geheel waterpas wordt. Zoo heeft zich ook onze kleigrond waarschijnlijk gevormd door bezinking in stilstaand water. En dat zich op die wijze groote uitgestrektheden gronds vormen, kan ons niet verwonderen, als wij bedenken, dat het rivierwater, gedurig aan, zwevende stoffen medebrengt, en dat daardoor dus een onophoudelijke toevoer plaats heeft. Het zijn die zwevende stoffen, welke het rivier- en zeewater altijd troebel maken, en des te troebeler, naarmate de snelheid van den stroom grooter is. Wij zien dus, dat de veranderingen van land en water bestaan in onophoudelijke verplaatsingen van grond, die óf door stroomende rivieren, óf door zeestroomen op de eene plaats opgenomen, en op een andere weder nedergelegd wordt. Van welken aard de lagen zijn zullen, hangt dus van den aard der stoffen af die door het water medegevoerd

worden; is daar zand in drijvende, dan kunnen er niet anders dan zandbanken of zandplaten ontstaan; zijn het kleideelen, dan ontstaat er kleigrond.

Behalve het water is ook de wind een oorzaak van verplaatsing, dus van het ontstaan van nieuwe gronden. Toen wij over de duinen spraken, hebben wij dit reeds aangewezen.

VI.

Steenen. Steenkolen. Zout.

Als men in andere landen den grond onderzoekt, levert die grond in sommige streken dezelfde bestanddeelen op als in Nederland; maar in vele andere oorden vindt men ook geheel verschillende bestanddeelen; de bovenste laag is daar ook meestal meer of min vruchtbare aarde, of teelaarde gemengd met zand; maar als men dieper in wil graven, stuit men spoedig op vasten steen, die niet met de spade doorgestoken kan worden, waarbij dus de bijl te pas komt. Die steen toch vertoont zich ook niet aan brokken, zooals de steenen, die ten onzent in den zandgrond menigvuldig voorkomen; maar het is een samenhangende vaste stof, die den geheelen ondergrond uitmaakt, en die eerst door macht van mokerslagen in stukken verdeeld wordt, als men er gebruik van maken wil tot het bouwen van huizen of bruggen, of om er straten mede te plaveiën. Evenals de steenen, die in Nederland gevonden worden, van verschillenden aard zijn, treft men ook velerlei steenlagen in verschillende gronden aan, en in denzelfden grond op onderscheiden diepten. Sommige van die steensoorten worden ook in ons land veelvuldig ingevoerd; daartoe behooren het marmer, dat tot bevloering van de gangen der huizen en tot schoorsteenmantels gebruikt wordt; de hardsteen, waarvan kolommen, stoepzerken, paaltjes, enz. gemaakt worden; de Bentheimer- of Bremersteen, ook zandsteen genoemd, die insgelijks bij het bouwen van huizen wordt gebezigd; verder de leisteen, waarmede daken gedekt worden, en waarvan dunne platen dienen om er met griffels op te

schrijven; ook de steen, die in de koren- en oliemolens als molensteen gebruikt wordt, en de zoogenaamde duifsteen, die, fijn gemalen, onder den naam van Dordsche tras, als metselspecie gebezigd wordt.

Hardsteen en marmer zijn steensoorten van gelijken aard, ofschoon zij in kleur verschillen. Zij behooren beide tot die soort van steenen, waaraan wij den naam van kalksteen gegeven hebben. Als men op hardsteen en marmer azijn giet, ziet men uit beide een luchtsoort, koolzuur namelijk, te voorschijn komen; beide veranderen, als zij in een oven sterk verhit en dus gebrand worden, in gebranden kalk. Breekt men ze door, dan blijkt het, dat zij uit een menigte onderscheidbare deeltjes bestaan, die aan elkander verbonden zijn. Vele van die deeltjes zijn eenigszins regelmatig van vorm en plat van oppervlak; houdt men ze in het zonlicht, dan blinken zij sterk; dit is vooral met marmer het geval.

De andere genoemde steensoorten zijn van geheel verschillenden aard; azijn er op gegoten, veroorzaakt geen luchtontwikkeling, en verhitting verandert ze niet. In den zandsteen onderscheidt men, 'tzij met het bloote oog, of onder het vergrootglas, duidelijk een menigte kleine zandkorrels. en ook op 't gevoel heeft die steen overeenkomst met zand. Leisteen, op de breuk, vertoont geen afzonderlijke deeltjes of korrels, maar bestaat blijkbaar uit een menigte dunne lagen. Molensteen en duifsteen onderscheiden zich beide door de kleine gaatjes die daarin, vooral in den duifsteen, zichtbaar zijn. Duifsteen ziet men bovendien dikwerf met andere stukken van verschillenden aard vermengd, bijv. met een zeer lichte vezelachtige steensoort, bekend onder den naam van puimsteen, die op water drijft. Ook vindt men er stukjes van verkoolde boomtakken in, alsmede figuren, die in alle bijzonderheden de beelden van bladeren wedergeven, en die zich daarin eveneens vertoonen, alsof men zulke bladeren in een weeke stof had afgedrukt die naderhand hard was geworden.

Nog een zeer merkwaardige delfstof zijn de steenkolen, als brandstof bij ons wel bekend, die ook, evenals de genoemde steensoorten, uit andere landen herwaarts overgebracht worden. Zij vertoonen zich als stukken van donkerzwarte kleur, glinsterend van oppervlak, dikwerf gemakkelijk in lagen te splijten. De hoofdeigen-

schap, waardoor zij zich van zand, klei en steenen onderscheiden, bestaat daarin, dat zij bijna geheel kunnen verbranden; want wat zij aan onverbrandbare stof als asch overlaten, is betrekkelijk zeer gering. Steenkolen bestaan voornamelijk uit koolstof, waterstof en zuurstof, en hebben dus, wat hare samenstelling betreft, veel overeenkomst met planten. Dat zij uit planten ontstaan zijn, wordt waarschijnlijk, als wij stukken steenkool nauwkeurig bezien; men treft namelijk daarin dikwerf overblijfselen aan van plantaardige natuur.

Behalve steenkool vindt men ook andere brandbare stoffen in den grond, vooral zwavel, die tot velerlei einden gebezigd wordt.

Onder de delfstoffen bekleedt het keukenzout mede een plaats, omdat het in sommige landen uit den grond, waarin het zich in groote hoeveelheden als samenhangend geheel bevindt, opgedolven, of liever uitgehakt wordt; veel zout intusschen wordt niet aldus verkregen, maar uit zeewater, waarvan de zilte smaak juist daaraan toegeschreven moet worden, dat er zout in opgelost is; in warme landen laat men dat zeewater zich verspreiden over het vlakke strand, over een ruimte, die met een dijkje omgeven is, hetgeen in dier voege toegedamd wordt dat het water niet weder kan terugvloeiën. Aan de zonnehitte blootgesteld, verdampt het daar dan, en laat op den bodem een zoutkorst na, die grootendeels uit ons gewoon keukenzout bestaat; men onderscheidt daarom steen- of klipzout en zeezout.

Vele andere stoffen, die wit van kleur en in water oplosbaar zijn, en die mede onder de zouten gerangschikt worden, komen met het gewone zout in het zeewater voor, en zij geven daaraan dien bitteren smaak, die het zeewater zoo onaangenaam op de tong maakt, en die in een oplossing van enkel gewoon zout in water niet geproefd wordt.

Van zulke andere zouten worden er mede uit den grond onmiddellijk opgedolven: daartoe behooren gips, salpeter, aluin, borax, enz.

ACHTSTE AFDEELING.

Planten.

I.

Over Planten in 't algemeen.

De tweede groote afdeeling der natuurlichamen bevat de planten. Als wij de ons gewoonlijk omringende voorwerpen gadeslaan, valt het ons niet moeiëlijk te zeggen, of zij al dan niet tot het plantenrijk behooren. Ieder ziet gras, riet, mos, klaver, de verschillende graansoorten, heesters, struiken en boomen voor planten aan. Doch waarom zouden deze altemaal planten zijn? Omdat zij groeiën? Maar weten wij wel recht wat groeiën is? Als wij daarvan eens nader rekenschap trachten te geven, zullen wij spoedig bemerken, dat het in 't geheel niet gemakkelijk is, dit duidelijk uit te leggen. En inderdaad kan die schijnbaar zoo eenvoudige vraag niet beantwoord worden, dan na zeer nauwkeurige kennismaking met hetgeen op de planten betrekking heeft. Het is daarmede eveneens gelegen, als met zoo vele ons dagelijks voorkomende zaken, die wij wel bij haren naam kunnen noemen, doch met wier kenmerken wij ons nooit behoorlijk vertrouwd hebben gemaakt. Wij willen daarom voorloopig de geopperde vraag nog een weinig laten rusten, en liever eerst zien, wat wij gewoonlijk en bij uitsluiting aan elke plant aantreffen; voorts op het verschil

tusschen de planten letten, en de veranderingen nagaan, die de planten ondervinden, om zoo doende een duidelijke voorstelling te erlangen van het eigenaardige, dat een plant van andere voorwerpen onderscheidt.

De planten komen meestal daarin met elkander overeen, dat zij gewoonlijk bestaan uit een wortel en een stam, en dat wij aan den stam bladeren, bloemen en vruchten zien. De wortel is dat gedeelte, dat gemeenlijk naar omlaag schiet, en in den grond, in het water, of soms in spleten van steenen, ook wel in de oppervlakte van andere planten dringt. Hij is doorgaans lankwerpig en wordt naar onderen dunner; hij verdeelt zich dikwerf in zijtakken en eindigt in dunne vezels, wortelvezels geheeten; wijders is hij meestal bedekt met haartjes. Somtijds wordt de wortelstam of worteltak plotseling dikker en vormt een knobbel, dien wij dan knol noemen, dit is bij de radijs bijv. het geval.

De stengel is dat gedeelte der plant, waaruit de bladeren en bloemen voortspruiten. Gewoonlijk bevindt hij zich dus boven den grond, niet altijd evenwel; want bij onderscheiden gewassen komt een groot deel van den stengel niet voor den dag, zooals bij het bekende onkruid de kweek of het duivels-naaigaren. Ook de aardappelen maken daarop een uitzondering; deze zou men ten onrechte voor wortels houden, het zijn inderdaad niet anders dan stengels. Bij waterplanten staat de stengel geheel of gedeeltelijk in het water.

Fig. 15.

Men noemt hem stam, als hij houtachtig is en vele jaren voortduurt, zooals bij boomen en struiken. Hij behoudt daarentegen den naam van stengel, als hij alle jaren afsterft, gelijk bij kruiden het geval is. Aan grassen en granen echter, ofschoon die tot de kruiden behooren, wordt hij, om zijne holheid en eigenaardige verdeelingen in geledingen, halm geheeten. Bij de meeste planten verdeelt zich de stengel in takken. Of voorts die takverdeeling bij houtachtige gewassen reeds dadelijk, van den grond af aan. plaats grijpt, dan wel eerst op een zekere hoogte, dit maakt het onderscheid uit tusschen struiken en boomen.

De bladeren zijn meestal groene, vliezig-vlakke, zijdelingsche uitbreidingen van stengel of takken. Hun bestaan bepaalt zich doorgaans maar tot een enkelen zomer, zij vallen dan gewoonlijk reeds in het najaar af. Bij enkele gewassen echter duren zij langer, ja ettelijke jaren zelfs, aan de zoogenoemde altijd groene heesters en boomen bijv., waartoe de dennen en sparren behooren; bij deze laatste noemt

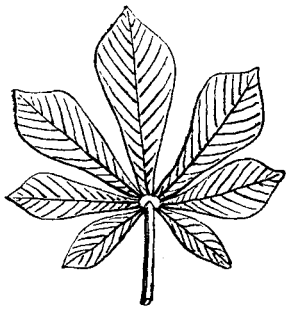


Fig. 16*a*.

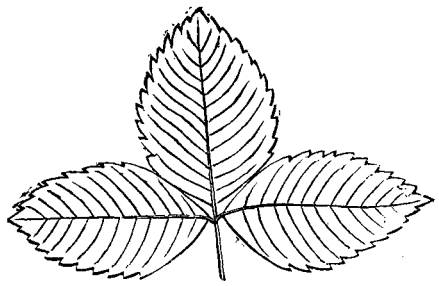


Fig. 16*b*.

men ze naalden, om hunne smalle, spitse en stijve gedaante. Aan de meeste bladeren onderscheiden wij een bovenste en onderste oppervlakte, waarvan de eerste doorgaans donkerder kleur heeft dan de tweede. Voorts loopen er gemeenlijk aderen of nerven doorheen (zie voorgaande bladzijde Fig. 15), die zich veelvuldig vertakken, en het zoogenoemd geraamte van het blad vormen, gelijk men vooral fraai aan een uitgeslagen eiken- of populierblad zien kan; een zachter weefsel vult de tusschenruimten aan. Men onderscheidt eindelijk de bladeren in enkelvoudige en samengestelde, naarmate er aan een steel één of wel meer bladen (zie Fig. 16*a*, 16*b* en 16*c*) vastzitten.

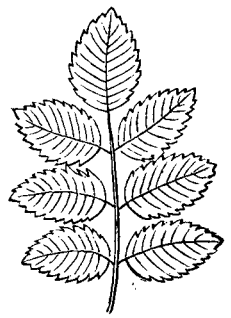


Fig. 16*c*.

De bloem is dat deel der plant, waaruit de vrucht te voorschijn komt. Zij bestaat gewoonlijk uit vier kransen (zie volgende bladzijde Fig. 17), uit een kelk *a*, een bloemkroon *b*, uit meeldra-

den *c* en uit stampertjes *d*. In Fig. 18*a* en 18*b* is de dwarse doorsnede eener bloem voorgesteld, om de benaming van kransen voor alle vier die deelen en hunne betrekkelijke ligging begrijpelijker te maken. De kelk is het onderste en buitenste gewoonlijk groen gekleurde

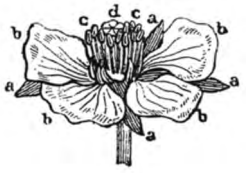


Fig. 17.

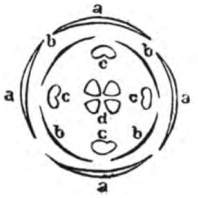


Fig. 18*a*.

Fig. 18*b*.
Volledige bloem.
a. Stamper.
b. Meeldraden.
c. Bloemkroon.
d. Kelk.

omwindsel; de bloemkroon is het daarop volgende, teedere, meest anders dan groen gekleurde deel; beide bestaan uit één of meer blaadjes. Van kelk en bloemkroon laten zich de meeldraden en stampertjes gemakkelijk onderkennen, als die een geheel andere gedaante hebben. Niet bij alle bloemen evenwel komen deze vier kransen voor; zelfs tot drie toe kunnen er ontbreken. Als één enkele krans, hetzij groen of anders gekleurd, den kelk en de bloemkroon vervangt, draagt hij den naam van bloemdek.

Fig. 19*c*.
Meeldraad.
a Helmknop.
b Helmdraad.

Fig. 19*b*.
Meeldraad.
a Helmknop.
b Helmdraad.

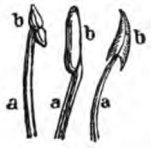


Fig. 19*a*.

Aan elken meeldraad (Fig. 19*a*, 19*b* en 19*c*) onderscheidt men den helmdraad *a* en het helmknopje *b*. Dit laatste is op den top van den helmdraad bevestigd, het zijn meestal twee zakjes, waarin zich een fijn poeder bevindt, het stuifmeel, dat bij vergrooting uit kleine korreltjes blijkt te bestaan, en gedurende het bloeiën zich uit de helmknopjes ontlast.

Aan ieder stampertje (zie volgende bladzijde Fig. 20*a*, 20*b* en 20*c*) zijn doorgaans drie deelen waar te nemen: het onderste deel *a*, dat

men het vruchtbeginsel noemt, het middelste *b*, de stijl geheeten, en het bovenste *c*, dat de stempel genoemd wordt.

De vrucht is niets anders dan het zoo even genoemde vruchtbeginsel, dat grooter geworden is, terwijl de andere deelen der bloem gewoonlijk na den bloei afvallen. Aan de vrucht onderscheidt men het uitwendige, het vruchtbekleedsel, van het inwendige, het zaad. Het eerstgemelde is somtijds alleen een vlies dat zeer nauw met het zaad verbonden is, zoo als bij tarwe en haver; dikwijls echter maakt dit het grootste gedeelte van de vrucht uit, en is van het zaad zeer gemakkelijk te onderkennen, gelijk bij de peulvruchten, appelen, peren, kersen, enz. Het vruchtbekleedsel springt bij de rijpwording open om de zaden te ontlasten, zoo als bij erwten en boonen, papaverbollen, enz., of het wordt vleezig en saprijk en blijft gesloten, gelijk bij steenvruchten, bessen, meloenen, appelen, enz. gezien wordt.

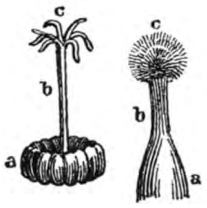


Fig. 20*a*.

Fig. 20*b*.
Stamper.
a Stempel.
b Stijl.
Vruchtbeginsel.

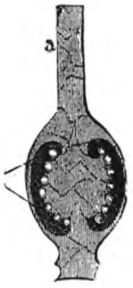


Fig. 20*c*.
Overlangs doorgesneden stamper.
a Stijl.
b Zaadknoppen.

II.

Onderscheid tusschen Planten.

De planten leveren ook onderling een groote verscheidenheid op, en dat op velerlei wijzen. Er zijn er waarbij enkele der opgenoemde deelen, en wel vooral van de bloem en vrucht, ontbreken, of althans hoogst moeielijk zijn te ontwaren, gelijk dit het geval is met de paddestoelen en schimmelplanten, de wieren, mossen, varens en meer.

Voorts onderscheiden zij zich van elkander, niet enkel door de menigerhande gedaanten, die dezelfde deelen vertoonen, maar ook door de onevenredige grootten, welke sommige dier deelen verkrijgen. Welk een verbazende ontwikkeling nemen wij niet aan de wortels der koolrapen waar, die betrekkelijk een zoo geringe hoogte en omvang hebben! Wat lange halmen hebben niet de grasplanten in verhouding tot hare bloemen! Hoe nietige bloemen, die te nauwer nood opgemerkt worden, draagt de wijnstok niet, in vergelijking met de zware vruchten, 'tgeen in nog veel grooter mate geldt van de zoogenaamde watermeloenen, wier bladeren daarenboven, even als die van het hoefblad, zoo bijzonder groot zijn.

De snelheid ook van den groei is zeer verschillend. Er zijn gewassen, die somtijds in 24 uren tijds meer dan 2 d.M. in hoogte toenemen; men denke alleen aan de honderdjarige aloë. Sommige paddestoelen bereiken hun volle grootte van 1, 2 ja 3 d.M. middellijn binnen twee of drie dagen.

Wijders verschillen de planten soms aanmerkelijk in duur; weshalve men ze verdeelt in eenjarige, tweejarige en overblijvende planten. De eerste volbrengen haren geheelen wasdom in een enkel jaar, of eigenlijk in eenige maanden; want in den wintertijd staat de plantengroei stil. Dat is bijv. het geval met salade, Oostindische kers, bitterkers, boekweit, tuinkervel, gewoon vlas, enz. De tweede ontspruiten uit het zaad in 't voorjaar van het eerste jaar; zij bereiken in den loop van zomer en herfst een tamelijke grootte, staan dan gedurende den winter stil, gaan in het tweede voorjaar met groeiën voort, ontwikkelen nieuwe bladeren, bloeiën en dragen vruchten, maar sterven nu in het tweede najaar. Onder de zoodanige komen voor het vingerhoedskruid, het winterraapzaad, de gemeene klis, enz. Overblijvende planten noemt men die, welke langer dan twee jaren leven; bij deze is de opvolgende groei in elk nieuw jaar een herhaling van dien van het vorige. Hiertoe behooren al de zoogenoemde vaste planten, welker boven den grond zichtbare deelen jaarlijks afsterven, om telkens weer door nieuwe te worden vervangen, benevens alle heesters en boomen.

Nog bestaat er tusschen planten en planten een voornaam verschil,

naargelang zij op het land of in het water of elders groeiën. De waterplanten zijn wederom tweeërlei. Er zijn er, zooals de gele en witte plompen bijv., die in den grond wortelen, en zich voor 't overige grootendeels in het water bevinden. Andere daarentegen drijven in het water met wortel en al, gelijk het kroos in onze vijvers en sloten, dat daarom bij uitmaling van polders zoo lichtelijk zich verplaatst.

De zoogenoemde woekerplanten, die op andere planten of op rotsen groeiën, worden weder in ware en oneigenlijke woekerplanten verdeeld. De ware trekken voedsel uit de oppervlakte, waarop zij zich gevestigd hebben, als daar is de vogellijmplant, die zich op de stammen van appel- en pereboomen vooral ontwikkelt, waartoe voldoende is, dat men een der witte bessen, die zij voortbrengt, op zulk een boom fijn wrijft; verder de bremraap, die op de wortels der brem en andere gewassen zich zetelt, enz. Oneigenlijke woekerplanten zijn bijv. alle korstmossen, die op steenen en rotsen zich aanzetten, zonder daaraan voedsel te ontleenen.

Eindelijk onderscheidt men de planten naar de luchtstreek, waar zij oorspronkelijk te huis behooren. Die van de heete luchtstreek zijn aanmerkelijk verschillend van die der gematigde, en nog meer die der koude luchtstreek. De keerkringslanden bevatten de meeste boomsoorten en heesters in verhouding tot het aantal kruiden en een- of tweejarige planten. Over het geheel kenmerkt de plantengroei zich aldaar door een overgroote weelderigheid en door een rijkdom en trotschheid van vormen, waarvan wij ons hier nauwelijks eenig denkbeeld kunnen maken.

III.

Samenstel der Planten.

Om het eigenaardige der planten te leeren kennen, is het niet genoeg hare deelen enkel uitwendig te beschouwen; wij dienen ook onderzoek te doen naar haar inwendig samenstel.

Als wij te dien einde een stengel van een struik of van een jong

boomtakje, dat in het eerste jaar van zijn groei is, nemen, en dat overdwars doorsnijden, vertoont zich die doorsnede bij de meeste planten, zooals in Fig. 21 zeer vergroot afgebeeld is. Zij is gewoonlijk bijna cirkelrond en verdeeld in vier onderscheiden deelen: het middelste is het zoogenoemde merg van de plant; het kringvormig deel, dat daarom heen ligt, heet de houtlaag; daarop volgt een smalle kring, de bast; terwijl het buitenste deel de schors is. Bezien wij daarentegen een dwarsdoorsnede van een boomstam, die reeds een aantal jaren telt, dan vinden wij daarin die vier voornaamste deelen, het merg, de houtlaag, den bast en de schors wel weer terug, maar (zie Fig. 22) de houtlaag neemt hier betrekkelijk veel meer ruimte in dan de overige deelen, en vertoont niet één maar een aantal kringen, die den naam van jaarkringen dragen. Hoe meer jaren toch de boom geleefd heeft, des te grooter ook is het aantal van kringen, en zoo men ze telt bij een stam van welken men weet hoeveel jaren hij geleefd heeft, dan vindt men, dat het aantal der kringen juist gelijk is aan het aantal levensjaren. Nog maakt men onderscheid tusschen het eigenlijke hout en het spint; dit laatste is het buitenste gedeelte van het hout, 'tgeen onmiddellijk onder den bast ligt, minder hard en minder donker gekleurd is, en meer sappen bevat dan het hout.

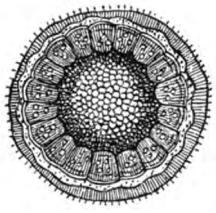


Fig. 21.

Fig. 22.

Aan een zeer dun dwarsschijfje van een stengel of stam, als men het nauwkeurig met een vergrootglas beziet, neemt men in elk der hoofddeelen weder een menigte van onderdeelen waar (zie volgende bladzijde Fig. 23). Wij bemerken dan vooreerst in beide een menigte kleine openingen, sommige kleiner, andere wat grooter, beide kennelijk van elkander onderscheiden. In het merg van den jongen stengel zien wij de openingen naar den omtrek kleiner en meer groen van kleur worden; de buitenste zijn nog met zeker sap gevuld. In den ouderen stam heeft het geheele merg een en dezelfde kleur, en in de kleine openingen is geen vocht meer waar te nemen.

In de houtlaag loopen van het merg tot aan den bast strepen, gewoonlijk spiegeldraden of mergstralen geheeten. Evenals het hout, bestaat ook de bast uit kringen, maar die veel dichter op elkander liggen, en niet zoo gemakkelijk te onderkennen zijn; bij den lindeboom kan men ze door weeken van elkander scheiden, waardoor men de stof voor de zoogenoemde Moskovische matten verkrijgt. De schors is gewoonlijk zeer groen van kleur en met een vlies overtogen, dat den naam van opperhuid draagt.

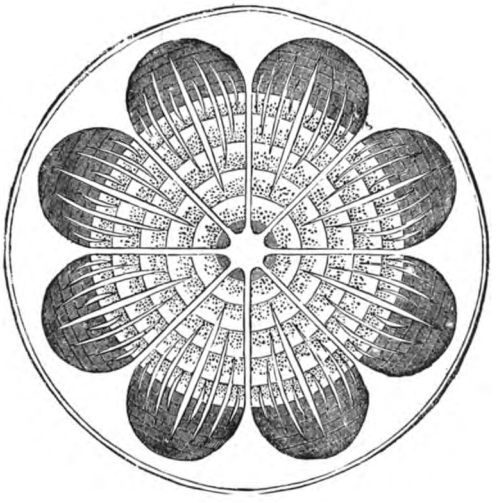


Fig. 23.

In den ouderen stam vinden wij in elken jaarkring dezelfde zichtbare deelen, die de houtlaag van den eenjarigen stengel vertoont; de mergstralen loopen deels van het merg uit door al de jaarkringen heen, deels beginnen zij eerst op eenigen afstand van het merg.

Snijden wij den stengel niet overdwars maar overlangs door, dan blijkt het, dat het hout uit lange buisjes of zoogenoemde vaten bestaat, die in de richting der lengte gelegen zijn; bij de dwars-doorsnede waren die buisjes doorgesneden en vertoonden zich dus niet anders dan als openingen. Bij het onderzoek van het merg en de schors bevindt men, dat deze geen vaten bevatten, maar enkel uit celletjes samengesteld zijn, dat is, uit kleine vliezige zakjes, die een meer of min ronde gedaante bezitten.

Onder de vaten onderscheidt men lichtelijk van de gewone vaten de spiraalvaten, die aan de binnenzijde van het hout tegen het merg aan gelegen zijn, en die alzoo heeten, omdat men ze, 'tgeen de gewone vaten niet toelaten, kan uittrekken, en alsdan bespeurt,

dat het spiraalvormig of bij wijze van een kurketrekker gewonden draden zijn (zie Fig. 24).

Fig. 24.

Behalve de opgenoemde vaten, die naast elkander geplaatst zijn, zonder gemeenschap onderling te hebben, vindt men, ofschoon zeldzamer, nog een derde veel dunner soort van vaten, die zich netswijze vertakken en melkvaten geheeten worden. De bast bestaat uit vezels, een soort van verlengde cellen, die als 't ware het midden houden tusschen cellen en vaten, en zich in de lengte met elkander verbinden. Die zoogenoemde bastvezels worden dikwijls tot kunstweefsels gebezigd, als daar zijn die van het vlas, den hennep, de brandnetel en vele andere.

Niet bij de stengels van alle planten vindt men de hier opgegeven bestanddeelen in dezelfde rangschikking. Soms is er geen verschil waar te nemen tusschen het inwendige van schors, bast, hout en merg; men ziet geen jaarkringen, geen mergstralen; het merg ligt als 't ware verspreid tusschen de vaatbundels, en het binnenste gedeelte is minder vast dan het buitenste. Eindelijk zijn er planten van een nog veel eenvoudiger samenstel, waar alles enkel uit cellen bestaat, zoo als paddestoelen, mossen en dergelijke, die men daarom celplanten noemt, terwijl de overige meer gewone gewassen — boomen, heesters, kruiden — vaatplanten heeten.

Snijdt men een wortel door, hetzij overdwars of in de lengte, zoo vindt men daarin een soortgelijke samenstelling als in den stengel, vaatbundels namelijk en cellen, jaarkringen als het boomen of overblijvende planten zijn; merg en mergstralen ontbreken echter gewoonlijk, en er vormen zich ook geen knoppen aan de wortels, zooals aan den stam en de takken.

Fig. 25.

Het samenstel der bladstelen is gelijk aan dat van den stengel, sommige van welks vaten door die stelen in de bladeren overgaan en daarin de nerven of aderen vormen, terwijl de tusschenruimten tusschen die aderen alleen door cellen ingenomen worden.

Het blad is geheel overtrokken met een dun vlies, de opperhuid, waarin kleine openingen of mondjes aanwezig zijn, die maken dat

het inwendige met de buitenlucht gemeenschap heeft. Bij bladeren van waterplanten, die onder water groeiën, ontbreekt die opperhuid, en men vindt dikwerf in het blad in 't geheel geen aderen, dus geen vaten, maar enkel cellen; (zie Fig. 25 voorgaande bladzijde, die een gedeelte van zulk een blad in doorsnede voorstelt.)

IV.

Wasdom der plant.

Wat is groeien? Blijkbaar verstaan wij onder plantengroei, of wasdom, de vermeerdering van den omvang en de vorming van nieuwe deelen der plant. Nauwkeurige en langdurige waarneming nu heeft omtrent de wijze, waarop dat plaats vindt, het een en ander geleerd, van de juistheid waarvan wij ons dagelijks zelven vermogen te overtuigen.

In het zaad ligt de plant in 't klein of de zoogenoemde kiem besloten. Aan den grond toevertrouwd, begint die kiem, onder den invloed van warmte en vochtigheid, weldra te groeien, en zij komt uit het zaad te voorschijn als een kleine stengel (zie Fig. 26*a* en 26*b*), waarvan de zaadlobben, een of twee in aantal, de eerste bladeren zijn. Deze hebben een eigenaardige gedaante, zeer verschillend van die der eigenlijke bladeren, die zich aan en met den stengel uit het bladpluimpje ontwikkelen. Zoo toch noemt men den vroegsten vorm der kiem, zoodra er werking in gekomen is. Aan den stengel, die zich veelal in takken en takjes verdeelt, ontstaan na de bladeren bloemen, en eindelijk vruchten met zaden. Niet enkel uit zaad, maar ook uit een afgesneden takje of stek ontstaat een nieuwe plant, als deze, in den grond gestoken, het vermogen bezit om een wortel te vormen.

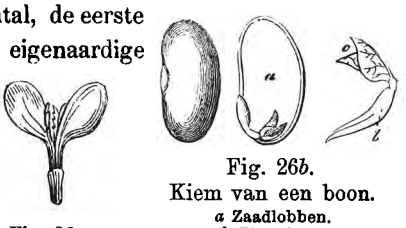


Fig. 26*b*.
Kiem van een boon.
a Zaadlobben.
b Worteltje.
c Bladpluimpje.

Fig. 26*a*.

Tusschen het groeien van wortel en stengel doet zich al dadelijk

een belangrijk verschil op. Het langer worden van den wortel en zijn takken heeft aan het ondereinde plaats. De stam of stengel, benevens zijn takken, worden door de inhechting der bladeren als 't ware in geledingen verdeeld. Deze geledingen groeien in jeugdigen toestand in de lengte, schijnbaar bij wijze van uittrekking, maar inderdaad door tusschenvoeging van nieuwe deeltjes. Die lengtegroei duurt echter betrekkelijk maar kort, terwijl de wasdom in dikte gedurende het geheele leven der plant zich voortzet. Daarom ziet men den stam van een volwassen boom van den voet tot aan de kroon wel dikker, maar niet langer worden. Maakt men op een wortelloot, terwijl zij nog groeiende is, eenige dwarsstreepjes; meet men de afstanden waarop zij zich van elkander bevinden, en herhaalt men na eenigen tijd die meting, dan ziet men ze nog altijd op dezelfde afstanden; alleen het uiterste einde is langer geworden. Neemt men de eigen proef met de loot van een takje, dan bespeurt men, dat de streepjes zich van elkander verwijderen.

Wat het dikker worden aangaat, dat geschiedt in wortel en stam op gelijke wijze. Tusschen houtlaag en bast, in beide aanwezig, vormt zich in elk jaar een nieuwe laag, waarvan het grootste gedeelte, tot het hout behoorende, zich daaraan aansluit; het overige heeft de natuur van den bast en legt zich aan de binnenzijde daarvan aan. De oudere houtlagen worden inmiddels harder en droger, evenals het merg, dat echter niet in omvang toeneemt. Bast- en schorslagen worden door den toenemenden groei van het hout als 't ware naar buiten gedrongen en grooter van omvang, waarbij men nog opmerkt, dat er buitenste schorslagen afsterven, gedeeltelijk afvallen en telken jare door nieuwe en ruimere vervangen worden, hetgeen meer bijzonder in 't oog valt aan de plataanboomen. Hierbij heeft somtijds een eigenaardige verandering van het weefsel der schors plaats, waardoor hare buitenste lagen in een veerkrachtig week lichaam veranderen, dat men kurk noemt; een soort van eikenboomen heeft zelfs aan dat verschijnsel haren naam ontleend. Het aldus ontstaan van nieuwe lagen heeft vooral in het voorjaar en in den zomer plaats, en houdt op in het najaar, om eerst tegen het volgende voorjaar vannieuws te beginnen. De gevormde laag ondergaat intusschen in den loop des winters

langzamerhand zooveel verandering, dat zij later duidelijk te onderkennen is van de nieuwe, die in een volgend jaar ontstaat. Vermits nu elk jaar zulk een laag voortbrengt, levert het aantal lagen of jaarkringen blijkbaar den juisten maatstaf op van den ouderdom des booms; ja wat meer is, de leeftijd van tak en takjes laat zich ook daaruit afleiden.

Dat het aanzetten van nieuwe lagen hout en schors inderdaad zoo geschiedt als wij vermeldden, kan men buiten allen twijfel stellen indien men in den stam van een boom een insnijding maakt, die, door schors en bast heengaande, tot in de houtlaag dringt, en dan een aantal jaren later onderzoekt, wat er van die insnijding geworden zij. Als men den stam dan dwars doorzaagt, bevindt men, dat er zich in dien tusschentijd om de ingesneden houtlaag heen een aantal nieuwe en gave houtringen gevormd hebben, en tusschen de insnijding van de schors en die van het hout telt men dan juist zooveel ringen als er sedert jaren verloopen waren.

De takken ontspruiten steeds uit de oksels der bladeren, of althans, indien deze reeds mochten afgevallen zijn, even boven de plaats hunner inhechting. Het eerste beginsel van een tak noemt men knop; het heeft een kogel- of wel kegelvormig voorkomen, en is in de koudere gewesten bedekt met schubjes, knopschubben geheeten, die, dicht over elkander liggende, soms ook met haren bekleed, of van harsachtige stoffen doortrokken, gelijk men aan de paardenkastanje zien kan, het jeugdige deel gedurende den winter beschermen. In het voorjaar botten de knoppen uit, en tak en bladeren komen te voorschijn. Bij sommige boomen ontwikkelen zich nog in den nazomer knoppen, die in hetzelfde jaargetijde eerst gevormd zijn; dat noemt men het St. Jansschot.

Wat nu het ontluiken der bladeren betreft, deze doen zich eerst voor als kleine wratvormige, uit cellen bestaande deelen; later ontstaan de aderen, en neemt het blad zijn gedaante aan. In de knoppen bevinden zich doorgaans reeds zulke meer gevorderde bladeren op een sierlijke wijze geplooid en gevouwen, die zich van lieverlede ontrollen en meer en meer zichtbaar worden. Maakt men eenige teekens op het jonge blad, van den bladsteel af tot aan de punt, en meet men de afstanden dier teekens van tijd tot tijd, zoo lang het groeiën nog

voortduurt, zoo neemt men waar, dat daaraan geen verandering komt in de nabijheid der punt, dat daarentegen die afstanden grooter worden nabij den steel. Het is dus door aanzetting van vaste stofdeelen aan den voet van het blad, dat het in lengte toeneemt, zoodat hier de groei verschilt bij dien van den stam zoowel als van den wortel. Spoedig bereikt het blad zijn eindelijke grootte; het is ook maar voor een korten levensduur bestemd; immers tegen het najaar verliest het allengs zijn groene kleur, wordt geel of bruinachtig, soms rood, 'tgeen men zijn herfstverkleuring noemt, en eindigt met van den tak gescheiden en als een dood lichaam afgeworpen te worden.

V.

Plantensappen en hun beweging.

Wij hebben gezien, wáár zich de nieuwe stof bij het groeiën achtervolgens aanzet. Het is nu de vraag, vanwaar die stof, en langs welke wegen geraakt zij ter plaatse, die zij inneemt? Wederom is het de dagelijksche ervaring, die hier geraadpleegd dient te worden. Een nauwkeurige kennismaking met den bouw der plant en met de veranderingen, die zij in haren groei ondergaat, kan daarover eenig licht verspreiden.

De meeste planten, zullen zij groeiën, moeten hetzij in aarde of in water geplaatst worden, terwijl in 't eerste geval de aarde vochtig dient te zijn. Hangen wij toch een plant in een droge lucht op, zoo groeit zij niet, maar zal ras verwelken. Wij besluiten hieruit dat haar uit de aarde of uit het water, wellicht uit beide te zamen, het noodige voedsel, voor een deel althans, toekomt. De vermeerdering van stof is geen schepping van iets, dat tevoren niet bestond, maar een aanvoer, een verplaatsing van deelen, die elders, en wel buiten de plant, aanwezig waren. Het is daarmede gelegen als met het onderhoud van menschen en dieren, en op grond van die overeenkomst spreekt men ook van de voeding der plant. De vaste stof nu, waarmede de plant zich voedt, komt er opgelost in, als vocht. In

een geheel drogen grond, hoe vruchtbaar die voor het overige zijn moge, groeit een plant niet, ten minste als de lucht, die haar omringt, mede droog is, in enkel water wèl. Gedurende den groei vinden wij dan ook in de geheele plant vochten, waaraan de naam van plantensappen gegeven wordt. Snijdt men in het voorjaar een stengel door, gelijk bij het snoeiën plaats vindt, dan vloeit er vocht uit, en somtijds in aanmerkelijke hoeveelheid; overbekend toch is het zoogenoemde tranen of bloeden van den wijnstok. Bevestigt men boven op een versch afgehouwen stam een glazen buis, dan ziet men het vocht daarin tot een hoogte van één of meer d.M. opstijgen; de oorzaak die het sap omhoog stuwt, moet dus wel krachtig zijn.

Er wordt derhalve vocht door den wortel uit den grond opgenomen, en het zijn het worteleinde, de wortelvezels en de haren, door middel van welke dat opzuigen uit den grond voornamelijk geschiedt. Immers zijn deze verdroogd, en daardoor ongeschikt geworden om op te zuigen, zooals bij het verplanten dikwijls het geval is, dan snijdt de tuinman het verdroogde gedeelte af, daar de ondervinding hem geleerd heeft, dat er anders toch geen behoorlijke groei plaats vindt.

Ook zonder wortel intusschen gaat er vocht in de plant over. Want een afgesneden takje, een stek in vochtigen grond gestoken, blijft leven; een ruiker bloemen, met de stelen in water gezet, houdt zich een tijd lang frisch. En geen wonder, de doorgesneden steel of stengel geeft aan het vocht evenzeer gelegenheid om in te dringen als de wortelvezels doen. Dit frisch blijven is echter wél te onderscheiden van merkbaar voortgroeiën, hetgeen de ondervinding leert dat dan alleen het geval is, als uit het afgesneden ondereinde nieuwe wortels ontspruiten.

Wij noemden het overgaan van het vocht uit den grond in den wortel een opzuigen. Minder juist evenwel is deze benaming, als wij aan het woord zuigen de eigen beteekenis blijven toekennen die wij er vroeger aan hebben gegeven. Wij zagen toen, dat zuigen eigenlijk bestaat in een luchtverdunning, die het inpersen van vocht ten gevolge heeft. Bij planten heeft zoo iets blijkbaar geen plaats. Wij willen daarom liever van een opnemen van het voedingsvocht door de plant spreken. Doch hoe hebben wij ons die opneming dan voor te stellen?

Herinneren wij ons, dat in de plant vele kanalen of buisjes zijn, die door wortel, stam, takken, stelen en blad-aderen heen loopen, en zijn wij tevens indachtig, dat, als een nauw buisje met zijn onder-einde in een vocht geplaatst wordt, dit daarin oprijst, zoo komen beide verschijnselen ons van gelijken aard voor, en wij zijn genegen ze aan een zelfde oorzaak toe te schrijven. Die voorstelling heeft oppervlakkig veel aannemelijks; zij is intusschen gebleken hier ver van voldoende te zijn. Een nauwkeurig onderzoek toch van den plantenwortel leert ons, dat men daaraan te vergeefs uitmondingen van vaten zoekt; de opperhuid der plant, voor zoover die zich onder den grond bevindt, heeft in 't geheel geen openingen; de wortel-vezels en haren bestaan uit cellen, dus uit besloten ruimten, die tegen elkander aan liggen, en tusschen wier wanden dikwijls geen holten overblijven. Iets anders is het met den afgesneden tak, die in het water gezet is, en waar de openingen der doorgesneden vaten inderdaad rechtstreeks met het vocht in aanraking komen. Wat bij den wortel plaats vindt, wordt daarentegen duidelijk door de navolgende proef. Men neme een glazen aan weerskanten open buis (Fig. 27), binde om het eene einde in den vorm van een zak een stuk van een blaas of van een ander vliesachtig weefsel uit het planten- of dierenrijk. Nu vulle men de buis tot een zekere hoogte met een vocht, en plaatse haar voorts rechtstandig in een glas dat ook met vocht gevuld is. Zijn beide vochten van denzelfden aard, dan gebeurt er niets; maar is in het glas zuiver water, in de buis een vloeistof van verschillende natuur, suiker- of gomwater bijv., dan bemerkt men weldra een uitwisseling van vochten. Er heeft te gelijker tijd een wederzijdsch doordringen van het vlies plaats. Zuiver water dringt naar binnen, terwijl er van de suiker- of gomoplossing naar buiten geraakt. De eerstgemelde werking wint het echter van de laatste, zoodat het vocht in de buis klimt en klimmende blijft, tot beide vloeistoffen binnen en buiten het vlies een gelijk gehalte van suiker, gom, of wat het zijn mag, verkregen hebben. Zulk een wederzijdsch doorlaten van vochten neemt men nu ook aan van de wanden der

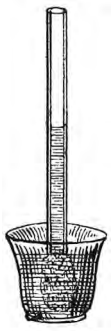


Fig. 27.

cellen in de planten. En dat met eenig recht. De cellen toch bevatten een eigen sap, en daarbuiten in den grond is water, dat naarmate van den bodem verschillende stoffen opgelost houdt. Onderstelt men nu dat die oplossing verschillend is van het cellensap, dan zal er meer kunnen indringen dan uitgaan.

Hiermede vervalt ook een zwarigheid, die zich onvermijdelijk opdoet en die zich niet uit den weg laat ruimen, als men in de opstijging der plantensappen enkel haarbuisjeswerking zien wil. Immers het vocht klimt in zulke buisjes altijd maar tot een bepaalde hoogte, op zijn meest van eenige c.M.; terwijl het sap in de planten tot in de bovenste kruin zich verheft, dus bij vele boomen een hoogte van honderden voeten bereikt.

Heeft een cel vocht uit den grond opgenomen, dan zal zij daarvan aan de boven haar geplaatste cellen afgeven, juist om dezelfde reden waarom zij het opnam, daar er immers nu in belendende cellen vocht van onderscheiden aard is, en zoo klimt de vloeistof van cel tot cel. Ook de vaten zullen er derhalve mede gevuld worden, en eenmaal gevuld, wegens hun nauwte aan de verdere opstijging zeer bevorderlijk zijn. Dit blijkt, als wij in het voorjaar een tak doorsnijden: wij zien het vocht dan voornamelijk uit die houtlaag die zich pas gevormd heeft, uit het zoogenoemde spint, te voorschijn komen, het oudere hout daarentegen, dat reeds harder geworden is, vindt men niet met sap gevuld. Nog wordt het opstijgen der sappen in groote mate bespoedigd door de knoppen en bladeren boven aan een boom of plant, op een wijze, die ons nader blijken zal.

Verzamelt men het opstijgend plantensap uit een insnijding en verwarmt men het, dan neemt men waar, dat het voor een zeer groot deel in damp overgaat, dat niet anders dan zuiver water is; er blijft echter een hoeveelheid vaste stof terug, een overtuigend bewijs, dat het plantensap inderdaad een oplossing is van vaste stoffen in water. Doch niet in alle deelen der plant is dat vocht hetzelfde. Hoe hooger men het sap neemt, des te dikker wordt het bevonden, maar vooral is er onderscheid tusschen het sap in het hout en dat wat uit den bast afloopt. Maakt men een insnijding, die enkel tot den bast en niet dieper doordringt, dan is vooreerst ook dat vocht dikker. Maar het

onderscheidt zich bovendien ook nog door een andere eigenschap van het meer inwendige sap. Hoogst waarschijnlijk begeeft het zich naar omlaag, in stede van naar boven. Als men een tak zeer stijf omwindt, ziet men de schors na verloop van eenigen tijd opzwellen boven de omwinding, maar niet daarbeneden, waar de middellijn onveranderd blijft; er heeft dus in de buitenste deelen van den stam een beweging van vocht naar beneden plaats, evenals in de binnenste deelen naar omhoog. Die afdalende sappen noemt men ook wel bewerktuigde of voedingssappen, vermits men daaraan bepaald de vorming van nieuwe deelen toeschrijft, op grond onder andere daarvan, dat, als men schors en bast kringswijze om een stam doorgesneden heeft, men dan waarneemt, dat het herstel der wond aan den bovenrand plaats vindt.

VI.

De Planten en de Lucht.

Minder nog dan den grond of het water, waarin de plant hare wortels uitschiet, kan zij de lucht missen die haar omringt. Wordt zij geheel in het water ondergedompeld of in den grond bedolven, zoo is het met haren wasdom uit. Wat mag wel de invloed zijn, dien de lucht op de plant heeft? Neemt de plant deelen uit den dampkring op? Geeft zij ook soms deelen daaraan af? Of heeft wellicht het eene zoowel als het andere plaats? 't Spreekt van zelf, dat dit vanwege de ongemeene fijnheid der lucht voor geen onmiddellijke waarneming vatbaar is; met oordeel ingerichte proeven hebben het intusschen stellig uitgemaakt.

Onder de stoffen die de planten aan de lucht afstaan, bekleedt een eerste plaats het water, en wel in een voor ons onzichtbaren dampvorm. Plaatst men twee potten met aarde nevens elkander, zet men in de eene een plantje, en overdekt men ze beide met een glas, dan zal men al spoedig een groot verschil ontwaren. Terwijl het leege glas van binnen nauwelijks of niet aanslaat, zet zich een over-

vloedige aanslag van waterdruppels tegen den inwendigen wand van het glas aan waarin het plantje zich bevindt. Hoe groot die uitwaseming der plant is, kan door weging blijken. De beide potten moeten bijv. een zelfde bekende hoeveelheid aarde bevatten. Dan zette men in den eenen een behoorlijk van bladeren voorzien gewas, en begiete dit naar den eisch, daarbij niet vergetende van telkens een gelijk gewicht aan water in den met aarde alleen gevulden pot te doen. 't Zal nu niet moeielijk vallen zich te overtuigen, door van tijd tot tijd de beide potten te wegen, dat de laatstgenoemde door verdamping veel minder aan gewicht verliest dan de eerstgemelde. Op dergelijke wijze kan 't verder blijken, dat dit aan de uitwaseming der bladeren vooral moet worden toegeschreven. Immers heeft men, onder voor het overige gelijke omstandigheden, een plant met vele en een met weinig bladeren, dan zal het weldra merkbaar worden, hoe de eerste de verdamping veel meer bevordert dan de laatste.

Nog duidelijker valt deze werkzaamheid der bladeren in het oog, als men een daarvan voorzienen stengel in een fleschje met water plaatst, welks hals van boven met een kurk gesloten is, waarin een opening juist wijd genoeg om er den stengel door te laten, terwijl door een tweede zeer fijne opening de lucht gelegenheid vindt om naar binnen te dringen. Lakt men de kurk behoorlijk toe, en aan den hals der flesch vast, dan heeft men een toestel waaruit door gewone verdamping geen water kan ontkomen, maar enkel door opneming van den stengel en uitwaseming der bladeren. Onder die omstandigheden ziet men intusschen het vocht in het glas voortdurend verminderen, en wel veel spoediger, dan wanneer men hetzelfde fleschje met evenveel water, geheel open, doch zonder plant er in, had laten staan.

De mate van uitwaseming eener plant hangt niet alleen van haar zelve af, maar ook van den toestand des dampkrings. In een zeer vochtige lucht is zij zeer gering, even zoo in een koudere minder dan in een warmere. Maar bovenal wordt zij door het zonlicht bevorderd, en het onderscheid in dat opzicht tusschen twee planten, bij dag aan geheel dezelfde warmte en vochtige lucht blootgesteld, maar waarvan de eene in den zonneschijn en de andere in de schaduw werd geplaatst, is lang niet twijfelachtig. Ook des nachts heeft er geen uit-

waseming plaats, dat voor een deel wel is waar aan de mindere warmte en de meerdere vochtigheid van den nacht geweten mag worden, maar waarbij zeer zeker het gemis van licht de hoofdrol speelt. De hoeveelheid water langs dezen weg door de planten aan de lucht afgestaan, is ontzettend groot, Een $3\frac{1}{2}$ voet hooge zonnebloem wasemt in 12 uren niet minder dan drie vierde K.G. water uit. Geen wonder dan ook, dat plantengroei den dampkring veel vochtiger maakt, dan hij anders zijn zou, en dat de bronnen van rivieren altijd zich bevinden in de nabijheid van groote wouden. De Kaap-Verdische en andere West-Indische eilanden leveren een bewijs op, dat er geen meer afdoend middel bestaat, om gronden droog en daardoor onvruchtbaar te doen worden, dan het overmatige kappen van hout.

Hiertoe echter bepaalt zich geenszins het verband dat er bestaat tusschen de planten en de lucht. Nauwkeurige onderzoekingen, die hier enkel vermeld kunnen worden, hebben bewezen, dat de planten ook op de overige bestanddeelen des dampkrings werking uitoefenen. Gelijk wij weten, bestaat de dampkringslucht voornamelijk uit twee gassen, zuurstof en stikstof geheeten, waarbij, ofschoon in veel kleiner hoeveelheid, nog waterdamp en koolzuur komt. Nu hebben de bedoelde onderzoekingen geleerd, dat lucht waarin een plant eenigen tijd leeft, armer aan koolzuur, rijker daarentegen aan zuurstof wordt, en dat wel in zoodanige verhouding, dat de zuurstof die, met de koolstof tot koolzuur verbonden, verloren gaat, als vrije zuurstof bijna geheel aan de lucht teruggegeven wordt. Wij moeten daaruit besluiten, dat de plant koolzuur uit de lucht opneemt, dit koolzuur voor een deel in zijn bestanddeelen ontleedt, de koolstof daarvan behoudt, en de vrij geworden zuurstof weder laat ontsnappen. De juistheid dezer voorstelling is uit een andere proef gebleken. Men heeft een zaad laten ontkiemen in zuiver zand, dat met zuiver water besproeid werd. Geen van beide bevat zoo als wij weten koolstof, en toch bleek het, dat de plant die nu ontsproot, nadat zij eenigen tijd gegroeid had, veel meer koolstof inhield, dan in het zaadje aanwezig was. Die koolstof had zij dus van buiten opgenomen, en daar deze noch van het zand, noch van het water afkomstig zijn kon, moest blijkbaar de dampkringslucht ze aan de plant geleverd hebben.

Nog meer: korstmossen die op naakte rotsen leven, en in het algemeen de oneigenlijke woekerplanten, dienen wel koolzuur uit de lucht te ontleenen; vanwaar zouden zij anders de koolstof hebben, die de verbranding bewijst dat haar voornaam bestanddeel is?

Ook bij dit opnemen van koolzuur en afgeven van zuurstof is de invloed van het zonlicht zeer merkbaar. Bij planten toch die in het donker groeiën, is gebleken, dat juist het tegenovergestelde plaats vindt; daarbij vond men in de omringende lucht meer koolzuur dan gewoonlijk, en minder zuurstof. Datzelfde ook — opnemen van zuurstof en afgeven van koolzuur — heeft men waargenomen bij het eerste ontkiemen van het zaad onder den grond, en bij het ontluiken van de bloem.

De planten groeien in het duister niet goed. Zij blijven dan vaal en bleek van kleur, in plaats van groen te worden. Vandaar ook dat men suikerijwortel in donkere kelders laat uitloopen en de andijvieplanten opbindt, om gele en tevens malscher en minder bittere blaadjes te verkrijgen.

VII.

Leven en sterven van Planten.

Als wij de opmerkingen omtrent den bouw der planten, de beweging harer sappen, enz. overzien en met elkander in verband brengen, zal ons de voorstelling duidelijker worden, die wij ons van den groei der plant te maken hebben. Wij zagen dat de wortel, vezels en haren sappen uit den grond opnemen; dat die sappen van cel tot cel of door de vaten in het binnenste van wortel en stengel omhoog stijgen; dat zij door takken en bladstelen tot in de bladeren voortgaan, aldaar in aanraking komen met de lucht die in hun samenstel een verandering teweegbrengt, waarna zij vervolgens in de buitenste deelen naar beneden dalen; dat eindelijk uit die sappen de vaste stof zich aanzet, die de plant in lengte zoowel als in omvang doet toenemen. De verschijnselen derhalve waarop het bij den plantengroei voorna-

melijk aankomt, zijn de beweging van sappen door de geheele plant, en de gestadige vorming van nieuwe vaste deelen.

Maar is het door nauwkeurige waarneming mogelijk geweest, die verschijnselen van meer nabij te leeren kennen, met de oorzaak daarvan is zulks het geval niet. Vragen wij naar de oorzaak die een plant doet groeiën, dan moeten wij op die vraag onze onkunde belijden. Wij weten dat de plantenwasdom in het voorjaar aanvangt, en in dat jaargetijde het sterkst voortgaat; dat hij bij vele planten in 't geheel maar eenige maanden duurt en dan ganschelijk ophoudt; dat bij andere gedurende den winter de vermeerdering in grootte en omvang stilstaat, ofschoon de beweging van sappen, langzamer evenwel, blijft aanhouden, om in een volgend voorjaar met vernieuwde kracht aan te wakkeren, en eerst op het laatst van den tweeden zomer te eindigen; terwijl bij nog andere hetzelfde ontwaken uit den winterslaap in de lente van het derde en vele volgende jaren zich herhaalt, 'tgeen aanleiding gaf tot de onderscheiding in een- en tweejarige en overblijvende gewassen. Uit dat alles blijkt duidelijk, dat warmte voor den plantengroei een vereischte is, hetwelk mede volkomen bevestigd wordt daardoor, dat men ook des winters door kunstwarmte planten kan doen ontkiemen en groeiën, en dat men in kouder gewesten de gewassen van zoeler streken door plaatsing in verwarmde kassen kan aankweeken. Wijders is 't bekend, dat de planten, opdat zij zich naar eisch zouden ontwikkelen, door het dag- of zonlicht beschenen moeten worden. Maar op wat wijze warmte en licht hier hun weldadigen invloed uitoefenen, is ons onmogelijk te verklaren, evenzeer als wij op de vraag, hoe en waaróm de aarde de lichamen op hare oppervlakte aantrekt, het antwoord schuldig moeten blijven.

Met het denkbeeld van groeien is ten nauwste het begrip verbonden dat wij ons van leven, in tegenoverstelling van sterven, vormen. De verschijnselen, die onder deze laatste benaming begrepen worden, zijn ons niet onbekend, en kunnen ons dienen ter verduidelijking van hetgeen wij onder leven te verstaan hebben. Wij zeggen van een plant dat zij sterft, als de beweging harer sappen ophoudt; als de plant uitdroogt, stengel en takken hun buigzaamheid verliezen, en de meerdere hardheid van den stengel met brosheid, die het door-

breken gemakkelijk maakt, gepaard gaat; als eindelijk een deel der plant, ofschoon in den grond of in het water geplaatst en aan behoorlijke warmte en licht blootgesteld, geen verschijnselen van groei meer oplevert. Is een plant in dien toestand gekomen, dan ondervindt zij meestal die verandering welke wij verrotten noemen, en die niet anders is dan een ontbinding der bestanddeelen, waarop wel nieuwe verbindingen volgen, maar van een veel eenvoudiger karakter. Vermits dan dat de kenmerken van sterven zijn, en leven het tegenovergestelde daarvan is, zoo moeten wij een plant levend noemen, welker bestanddeelen, in stede van zich te ontbinden, gedurig nog vermeerderen en zich hernieuwen; het blijkt dus, dat groeien en leven bij de plant woorden van dezelfde beteekenis zijn.

VIII.

Bloeien en vruchtdragen der Planten.

Moge ook de plant zelve na korter of langer bestaan sterven, voor de instandhouding van haar geslacht is middelerwijl gezorgd. Nadat zij bladeren gevormd had, bracht zij ook nog andere deelen voort, in kleur en gedaante, maar bovenal door het doel waartoe zij bestemd waren, daarvan onderscheiden. Wij meenen de bloemen, van welker samenstel boven een beschrijving gegeven is. Even als de bladeren, zijn ook deze aanvankelijk knoppen, wier inwendige deelen, van een groenachtige tint, nog geenszins den vorm vertoonen die in de volkomen bloem wordt waargenomen, zoodat zij met bladknoppen een groote overeenkomst hebben. Eerst als zij grooter zijn geworden, hebben al de deelen een eigenaardige gedaante verkregen, en zijn, met een bewonderenswaardige regelmatigheid en kunst gevouwen en geplooid, in de betrekkelijk enge ruimte aanwezig. Nu openen kelk en bloemkroon zich; de bloem ontluikt, en prijkt alras in haren vollen luister. Gedurende langer of korter tijd blijft zij in dien toestand verkeeren; ten laatste, nadat het stuifmeel zich uit de helmknopjes ontlast heeft, begint de bloemkroon, en soms ook de kelk, te verwelken en af te

vallen; later nog doen zulks ook de meeldraden, soms almede de stijl met den stempel. Het vruchtbeginsel intusschen blijft over, vergroot zich, neemt veelal een geheel nieuwe gedaante aan, en zoo zien wij als de einduitkomst der bloeïing de vorming der vrucht, die de zaden in zich bevat, waaruit te gelegener tijd weer nieuwe planten ontkiemen.

Hoe vele bijzonderheden vallen bij dit merkwaardig verschijnsel niet op te merken! Niet op denzelfden tijd brengt elke plant hare bloemen voort: bij sommige heeft dit reeds in het allereerste voorjaar plaats, als de sneeuw nog gedeeltelijk de velden bedekt; bij andere in het late najaar; bij de meeste gedurende den zomer. Sommige planten bloeien maar eens, en sterven daarna; andere daarentegen bezitten het vermogen, om bij herhaling bloem en vrucht te vormen. Altoos is een zekere mate van uitputting er het gevolg van, die voor 't minst een tijd van rust vordert. Aan zich zelve overgelaten, sterft een eenjarige plant na de vruchtvorming; maar als men door de bloemknoppen af te plukken het bloeiën belet, blijft zij meer jaren leven; door welke kunstgreep onze tuinlieden de eenjarige reseda tot een overblijvend boompje maken. Een al te weelderige groei van takken en bladeren belemmert den bloei; vandaar dat men ziekelijke vruchtboomen soms rijkelijk vrucht ziet dragen, en in het snoeimes een kunstmiddel bezit om den oogst te vermenigvuldigen.

Het bestaan eener bloem is doorgaans kort van duur. Voor sommige planten bepaalt het zich maar tot eenige uren, gelijk men aan de wilde winde onzer heggen kan waarnemen; voor enkele verlengt het zich tot eenige dagen. Opmerkelijk is de invloed dien het licht op het ontluiken der bloemen heeft. Sommige vereischen veel licht, en openen zich eerst op het midden van den dag; andere minder, die dan ook reeds vroeger, in den loop des ochtends zich ontsluiten; weer andere bloeiën enkel gedurende den nacht.

Trekken de bloemen door de verscheidenheid harer vormen en kleuren den blik tot zich, nog vergasten zij ons reukorgaan niet zelden op aangename geuren. Of gelijk er zijn waarin het oog minder behagen schept, zoo ook zijn de vluchtige stoffen die sommige uitwasemen, weleens minder welriekend, ja hinderlijk. Niet alle bloemen evenwel bezitten zulk een vermogen, ook zijn 't de schoonste niet

altijd die het sterkst of liefelijkst rieken. Zij doen het voorts in verschillende mate, al naargelang van de tijden van den dag; het meest des avonds bij eenigszins vochtigen dampkring.

Doch niet alleen om onze zinnen te bekoren, dragen de planten bloemen: de vorming van de vrucht is 't groote doel der bloem. Hoe dat oogmerk bereikt wordt, ziedaar een gewichtig vraagstuk, dat door nauwkeurige waarnemingen en proeven grootendeels opgelost is geworden.

Het in de bloem aanwezige vruchtbeginsel heeft in zijn holte een of zeer vele, uit cellen samengestelde, kleine ronde lichaampjes die van boven van een opening voorzien zijn, welke wij eitjes noemen. Na de bloeïing nu zien wij dat vruchtbeginsel, gelijk boven gezegd is, geheel van uitwendig voorkomen veranderen, waarvan de velerlei bekende vormen van vruchten kunnen getuigen. Maar dit is de eenige voorname verandering niet die het ondergaat: gemelde eitjes zijn zaden geworden; zij bevatten de kiem eener nieuwe plant, en ziedaar het groote doel der bloemvorming bereikt. Als men gedurende het bloeiën eener plant de helmknopjes der bloemen afplukt, vóór zij hun stuifmeel uitgestort hebben, zoo blijven de zaden achterwege, er ontstaan geen nieuwe plantjes in de bewuste eitjes. Neemt men daarentegen de helmknopjes eerst weg nadat zij zich van hun stuifmeel ontdaan hebben, dan heeft zulks geen invloed op de verdere ontwikkeling van het vruchtbeginsel. Wij zijn derhalve gerechtigd, tusschen het stuifmeel en de vorming der zaden een nauw verband, als die van oorzaak en gevolg, aan te nemen. En inderdaad, zorgvuldige waarneming overtuigt ons, dat de stuifmeelkorreltjes op de stempels van het stampertje of van de stampertjes, zoo er meer zijn, vallen; tot dunne buisjes verlengd door den stijl heen in het inwendige van 't vruchtbeginsel dringen, en tot zelfs voor een deel in de holte der eitjes, waar zij dan den grondslag der nieuwe planten uitmaken. De tuinbouw trekt van deze kennis partij, met het stuifmeel van de eene plant in de bloem eener andere te strooiën, waardoor uit de aldus verkregen zaden zoogenoemde bastaardplanten ontstaan, die in hare gedaante iets hebben overgenomen van den vorm dier planten waaraan het stuifmeel ontnomen werd. Zoo loont natuur des

menschen ijverig en aandachtig onderzoek, met den geheimzinnigen tooverstaf te zijner beschikking te stellen, die jaar op jaar zulk een oneindige verscheidenheid van bloemen en vruchten in het leven roept.

IX.

Rangschikking der Planten.

Om het plantenrijk behoorlijk te kunnen overzien, tracht men de daarin van nature bestaande afdeelingen en groepen door kenmerken te onderscheiden, en bestempelt ze met afzonderlijke namen. Op die wijs vervalt het geheele plantenrijk in de eerste plaats in twee groote afdeelingen, in ZICHTBAAR- en BEDEKT-BLOEIENDEN.

De ZICHTBAAR-BLOEIENDEN zijn op hare beurt onderscheiden in **twee-** en **éénlobbige** planten, naardat het zaad bij de ontkieming zich al of niet splitst.

De **tweelobbige** planten vervallen weer in bodembloemige, bij welke de bloembladen vrij en met de meeldraden op een bloembodem zijn ingeplant; in kelkstandige, waarbij de bloemkroon met de meeldraden op den kelk staat; in kroonbloemige, bij welke de bloembladen veelal tot één geheel vereenigd zijn, dat doorgaans op den bloembodem is ingeplant, en de meeldraden aan de bloemkroon verbonden zijn; en in éénmantelige, bij welke geen kelk en bloemkroon, maar enkel een bloemdek voorkomt.

Voorts heeft men de plantengeslachten die veel overeenkomst vertoonen, in groepen geordend, natuurlijke familiën of orden geheeten. Het aantal dier familiën is van lieverlede toegenomen, naarmate de wetenschap meer en meer met vroeger onbekende planten verrijkt werd, en bedraagt thans meer dan 200, waarvan slechts 122 bij ons te lande worden aangetroffen. Wij willen hier eenige der voornaamste planten vermelden.

Tot de bodembloemigen behooren onder meer: onze boterbloemen, de maankop of slaapbol, klaprozen, alle soorten van kool, knollen en rapen, radijs, ramenas, alle soorten van viooltjes, 't gewone

vlas, de katoen, de linde, eschdoorn, wilde kastanje, de wijnstok, geraniums, en de camelia.

De navolgende behooren tot de kelkstandige planten: de witte en roode klaver, de roomsche- of tuinboon, erwten, snijboonen, gouden regen, acacia, de indigo, perziken-, abrikozen-, pruimen-, kersen- en morellenboomen, de rozen, aard- en braambeziën, frambozen, appelen en peren, mispels, de meidoorn, komkommers, augurken, meloenen, aalbessen, de kruis- of klapbes en de zwarte bes, peen, pieterselie, selderij, de meekrap, de koffieboom, veldsla, andijvie, paardebloemen, schorseneeren, dahlia's, zonnebloemen, koornbloemen, het madeliefje, de kruidnagelen.

Tot de kroonbloemige planten behooren: de olijven, het vergeet-mij-nietje, de aardappelen, de tabak, kruizemunt.

De navolgenden behooren tot de éénmanteligen: de spinazie, zuring, boekweit, rabarber, de brandnetel, de hennep, de hop, de iep- of olmboom, de moerbeziënboomen, de gewone noteboom, eiken en beuken, de tamme kastanje en hazelaar, wilgen en populieren, berken en elzen, vijgeboomen, dennen, sparren en de ceder.

Tot de **éénlobbige** planten worden gebracht: het zeegras, waarvan men matrassen vervaardigt, kroosplanten, duikelaars, de vanilleplant, het sneeuwklokje, de zoogenaamde honderdjarige aloë, de aspergies, ook het lelietje van dalen, de leliesoorten, uien, tulpen, hyacinthen, de mattebiezen waarvan men stoelzittingen maakt, gras, het suikerriet, gerst, gierst, rijst, rogge, tarwe, haver, maïs, de kokos- en dadelboomen.

De tweede groote hoofdafdeeling, die der BEDEKTBLOEIENDE planten, bevat onder andere: de varens, die meer dan 2000 soorten telt, waarvan er echter maar 23 in Nederland voorkomen, het IJslandsche mos, paddestoelen of champignons, truffels, schimmelplanten.

NEGENDE AFDEELING.

Dieren.

I.

Over Dieren in 't algemeen.

Het derde rijk der natuur omvat de dieren. Deze hebben dit met de planten gemeen, dat zij van het oogenblik waarop zij het aanzijn ontvangen, in gezonden toestand althans, meer en meer zich ontwikkelen; na verloop van korter of langer tijd hun vollen wasdom bereiken, en vervolgens verouden, om door den dood voor jongeren van hun geslacht plaats te maken. In andere opzichten zijn zij echter zeer wezenlijk van de planten te onderscheiden. Vooreerst toch hebben de dieren gevoel, gewaarwordingen van genoegen en smart, die wij aan de planten niet gewoon zijn toe te kennen. Want wie houdt het er voor, dat, ofschoon bij de minste aanraking het kruidje-roer-mij-niet zijn blaadjes samentrekt, zulks het gevolg van een pijnlijke aandoening is; terwijl een armen worm, dien men aan den haak van een hengel steekt, voorzeker geen gevoel ontzegd kan worden. Ten andere hebben de dieren het vermogen, zich willekeurig te bewegen, hetgeen de planten mede missen. Deze toch zijn daaromtrent lijdelijk: het is de wind die de bladeren der boomen beweegt, het licht dat de bloemkronen ontsluit, en, zoo wij de blaadjes van enkele gewassen

soms plotselinge bewegingen zien aannemen, waarvan wij ons nog geen volledige rekenschap weten te geven: wij zijn er ver af van ze aan een wilsbepaling toe te schrijven, waartoe wij bij de dieren, ook de meest onvolkomen, als van zelve geleid worden. De plant is geworteld in den grond, of, gelijk wij zagen, op den stam van een ander gewas, of zij drijft op de oppervlakte van het water, en bevindt zich alzoo ter plaatse waar haar het noodige voedsel gewordt, zonder dat van hare zijde eenige de minste moeite of toeleg gevorderd wordt. Mocht dit voedsel haar maar karig te beurt vallen, zij is buiten staat zich het ontbrekende te verschaffen, waartoe haar de middelen niet verleend zijn. Geheel anders is het met de dieren gesteld. De meesten kunnen zich verplaatsen; alle vermogen zelve in hun levensbehoeften te voorzien. Er zijn er wel die aan een vaste plaats gebonden zijn, welke zij niet kunnen verlaten; evenwel bewegen zij zich, om hun prooi te grijpen en te verslinden. Opent en sluit bijv. de oester hare schelp niet willekeurig, ofschoon zij zich van de bank waarop deze vastgehecht is, niet kan losmaken? Strekt de zoetwaterpolyp, al heeft zij ook het voorkomen van een plantje, en al schijnt zij, gelijk dit, vastgeworteld aan de plek waarop zij zich bevindt, strekt zij hare draadvormige armen niet uit, om de kleine diertjes waarmede zij zich voedt, machtig te worden? Zeker, hoe minder ontwikkelde soorten van dieren en planten men met elkander vergelijkt, des te meer overeenkomst, des te minder verschil ontdekt men. Zóó in het oog vallend is echter het groote onderscheid, dat er tusschen plant en dier op hooger trap van ontwikkeling bestaat, dat het niet wel mogelijk is, beide op één lijn te stellen.

Het uitwendige voorkomen reeds der hoogere diersoorten stelt ons genoegzaam in staat, om ze terstond van planten te onderkennen. Wij willen aanvankelijk eens nagaan, waarin de meeste dieren naar het uiterlijk met elkander overeenkomen.

Meest alle hebben zij een hoofd of kop, de voorname zitplaats der zintuigen, waarin wij een mondopening aantreffen, bestemd om het voedsel te ontvangen, 'twelk, nadat het tot onderhoud des lichaams verstrekt en zijn voedende deelen afgegeven heeft, scheikundig veranderd, langs bijzondere wegen geloosd wordt. Bij de oneindige ver-

scheidenheid die in het geschapene heerscht, kent men wel is waar enkele dieren die sommige zintuigen missen, andere waarbij dezelfde opening die het voedsel ontvangt, het ook weder uitstort, nadat het dienst gedaan heeft, doch deze behooren tot de minder ontwikkelde.

De bewegingswerktuigen van de meer samengestelde dieren, als armen, beenen, vleugels, vinnen, enz., schijnen oppervlakkig weinig met elkander gemeen te hebben, en toch, gelijk ons later blijken zal, is de overeenkomst vrij aanmerkelijk. Met de vereenvoudiging van het lichaam worden eerst weer de afwijkingen van gewicht. Wormen bijv. bewegen zich over de oppervlakte van den grond niet met behulp van opzettelijk daartoe ingerichte organen, maar door middel van over de gansche lengte van hun lichaam elkander opvolgende inkrimpingen en uitzettingen.

Wilde men zich echter vergenoegen met alleen op de uitwendige gedaante der dieren te letten, men zou zich niet dan een hoogst gebrekkig denkbeeld kunnen maken van het eigenaardige dat hen kenmerkt. Wij gaan derhalve thans over tot een beknopte beschouwing van hun inwendig maaksel, ten einde eenig begrip te verkrijgen van hun groei, van hun gevoeligheid voor indrukken van buiten, van de gave hun verleend om zich zelfstandig te bewegen. Steeds zullen wij ons daarbij den mensch in de eerste plaats voor oogen stellen, als die, de uitnemendheid van zijn redelijken aanleg daargelaten, van wege de hooge voortreffelijkheid zijner bewerktuiging, de dierenwereld in hare volkomenheid vertegenwoordigt.

II.

Bestanddeelen der Dieren.

Als uiterste of eenvoudigste bestanddeelen der planten hebben wij koolstof, zuurstof en waterstof leeren kennen, waarbij voor sommige nog stikstof komt, 'twelk dan evenwel maar in enkele bepaalde deelen der plant gevonden wordt. Bij de dieren daarentegen is stikstof mede een voornaam en standvastig bestanddeel, niet minder dan de andere drie genoemde grondstoffen.

Welk groot verschil de velerlei vaste deelen en vochten van het dierlijk lichaam oppervlakkig ook opleveren, als men ze aan een scheikundig onderzoek onderwerpt, zijn het altijd die vier grondstoffen, welke er de hoofdbestanddeelen van uitmaken. Intusschen geven de verschillende verbindingen die zij met elkander aangaan, en de verschillende samenvoegingen dier verbindingen, het aanzijn aan een groote verscheidenheid van vochten niet alleen, maar ook van zoogenoemde weefsels, waaruit de vaste deelen bestaan. De voornaamste dier weefsels willen wij hier kortelijk aanwijzen.

Vooreerst komt het vormweefsel, 'tgeen het eenvoudigste van alle is, in de ruimste mate voor, en het wordt schier overal in het dierlijk lichaam aangetroffen. Als men dat weefsel een weinig uitrekt, dan vertoont het zich als een ontelbare menigte van vezeltjes of draadjes, van een fijnheid welke die van 't fijnste spinrag nog overtreft. Die vezeltjes overkruisen elkander in alle mogelijke richtingen, zoodat zij zeer kleine tusschenruimten overlaten, niet ongelijk aan een spons, vanwaar het weefsel ook den naam van celleweefsel heeft gekregen. De beenderen zijn van vormweefsel afkomstig. De stof waardoor de onderscheiden lichaamsdeelen te zamen verbonden en aan elkander gehecht zijn, en die de open plaatsen aanvullen, is wederom vormweefsel. De vliezen en zakken waarvan vele deelen omgeven, of waarmede zij van binnen gevoerd zijn, 't is altemaal vormweefsel. Haren, nagels, klauwen, hoeven bestaan voor 't grooter deel uit vormweefsel. De glazuur der tanden is het eenige, waarin men het niet heeft kunnen ontdekken. Een kenmerkende eigenschap van dat weefsel is zijn veerkracht.

Een tweede weefsel, dat in aanmerking moet komen, is het zenuwweefsel. Dit bestaat uit twee zelfstandigheden, op 't gezicht reeds blijkbaar onderscheiden. De eene is aschgrauw van kleur, geleiachtig en maakt als het ware de schors der zenuwen uit. De andere zelfstandigheid, merg geheeten, is witter, eenigszins naar het roode hellende en van vaster aard. Beide zelfstandigheden worden meestal te zamen vereischt, en 't is enkel bij de lagere diersoorten dat men de aschgrauwe zelfstandigheid mist. Bij hooger bewerktuigde dieren doet zich het zenuwweefsel onder vier bepaalde vormen voor, te

weten: als zenuwen, zenuwknoopen of vlechten, als ruggemerg en hersenen.

Een derde weefsel dat wij te vermelden hebben, is het spierweefsel; 't is hetgeen wij in het dagelijksch leven gewoon zijn vleesch te noemen. Ook dit bestaat uit fijne vezeldraden, maar die evenwijdig tegen elkander aanliggen, en, 'tzij in bundels vereenigd, eigenlijk gezegde spieren, of wel, bladswijze samengevoegd, zoogenaamde spierrokken vormen. Het onderscheidend karakter van dit weefsel is het vermogen dat het bezit, om zich in hooge mate samen te trekken. Alle willekeurige beweging geschiedt dan ook met behulp er van.

Onder de menigvuldige vochten in het dierlijk lichaam aanwezig, is er een dat boven alle andere onze aandacht verdient, namelijk het bloed. Het is bestemd, om in zijn geregelde beweging overal voeding en hernieuwing aan te brengen. Terwijl de planten haren wasdom voornamelijk verschuldigd zijn aan de lucht die ze omringt, leven de dieren vooral van de spijzen die zij innemen, en dient het bloed om de voedende bestanddeelen daarvan door geheel het lichaam heen te brengen. Uit dat eene vocht toch nemen beenderen, zenuwen, spieren, huid, en wat niet al, het noodige op, om in jeugdigen leeftijd gedurig aan stofdeelen toe te nemen en daardoor grooter te worden, en later de verliezen, die zij gestadig lijden, althans te vergoeden. Van al de wonderen die de beschouwing der natuur ons leert opmerken, is voorzeker de samenstelling van het bloed en zijn omzetting in zoo veelsoortige stoffen en organen geen van de minste. Men meende vroeger, dat de roode kleur er een kenmerkende eigenschap van was; doch van die meening is men teruggekomen. Ofschoon toch de rups een groenachtig, het volkomen insect een doorschijnend, de oester een blauwachtig wit, de kikvorsch in de meer inwendige vaten een geel bloed heeft, men geeft het dien naam met evenveel recht als aan het roode bloed van den mensch bijv., daar het in meer wezenlijke eigenschappen zeer daarmede overeenkomt. Die roode kleur is afkomstig van zoogenoemde bloedlichaampjes, die er in worden waargenomen, en die men met behulp van een vergrootglas zeer duidelijk zien kan. Het zijn kleurlooze kernen, maar die in roodge-

kleurde breeder schijfjes zijn ingesloten. Bij den mensch zijn die bloedschijfjes cirkelrond en maar van $\frac{6}{1000}$ tot $\frac{9}{1000}$ m.M. breed. Bij verschillende diersoorten, in wier bloed er ook worden waargenomen, ofschoon dan niet altijd rood gekleurd, vertoonen zij dikwijls een andere gedaante; bij kruipende dieren bijv., visschen en vogels zijn zij lankwerpig rond, daarbij ook grooter; die van het kikvorschenbloed hebben nagenoeg $\frac{1}{10}$ m.M. in de langste middellijn. Om de geaardheid van het bloed van naderbij te leeren kennen, heeft men enkel op te merken, wat er na een aderlating mede gebeurt, als het eenige minuten stilgestaan heeft. Het scheidt zich alras in een rooden vasten koek en in een geelachtig vocht, de zoogenoemde bloedwei, waarop die koek dan drijft. Na verloop van eenigen tijd verandert de bloedkoek weer, en wordt van boven geelachtig wit van kleur, terwijl hij voor het overige rood blijft. Die lichter gekleurde massa is zacht en toch vast en taai; zij vertoont een groote overeenkomst met het spierweefsel. De bloedwei stremt grootendeels, als zij tot een zekere temperatuur, ruim 70°, verwarmd wordt, even als eiwit, 'tgeen dan ook trouwens haar voornaamste bestanddeel is.

De andere vochten des lichaams, tot onderscheiden einden dienstig, of die als schadelijk voor de instandhouding van het leven verwijderd moeten worden, scheiden zich alle weder van het bloed af, door middel hetzij van klieren, hetzij van vliezen, gelijk de gal bijv. in de lever, het speeksel in de speekselklieren, de tranen in de traanklier, het maagsap in het slijmvlies dat de maag inwendig bekleedt.

III.

Spijsvertering.

Over 't algemeen bevatten de spijzen der dieren veel dat niet ter voeding dienen kan, en waarmede zich dus het bloed niet onnoodig belast. Zelfs zijn zij niet dadelijk geschikt, om aan het bloed de voedende bestanddeelen af te geven. Zij vereischen alzoo een voorafgaande bereiding, en dat zooveel te meer, naarmate hare natuur

meer verschilt van die der wezens, in wier lichamen zij voor een deel moeten overgaan. Hieruit laat zich reeds dadelijk begrijpen, dat bij den mensch bijv. vleeschspijzen minder verandering behoeven te ondergaan dan plantaardig voedsel. Laat ons thans onderzoeken, waarin de spijsvertering bij den mensch en bij deze en gene dieren bestaat.

Zoodra de spijs in den mond is opgenomen, ondergaat zij daar meestal een aanvankelijke bewerking: zij wordt fijngemaakt en met speeksel tot een soort van brij of pap vermengd. Daartoe dienen ons de tanden en kiezen: de onderkaak beweegt zich op en neer tegen de bovenkaak aan, maar heeft bovendien nog een zijdelingsche heen- en wedergaande beweging, waardoor wij niet alleen vermogen te kauwen, maar ook de spijzen kunnen vermalen, hetgeen de verscheurende dieren niet noodig hebben te doen, daar zij niet van planten leven; de paarden daarentegen, runderen en grasvretende dieren in het algemeen des te meer, waartoe hun kiezen zelve bepaald ingericht zijn. De tong, die bijna geheel uit spierweefsel bestaat, bewijst hierbij niet enkel belangrijken dienst, maar is verder bij het slikken ten zeerste behulpzaam. Men heeft er wellicht nooit op gelet, hoe men te dien einde hare spits tegen het gehemelte aanklemt. Dat geschiedt vooreerst, om met te meer kracht de vermalen brokken den slokdarm in te duwen, maar ten andere ook, om tegelijk het strottenhoofd of den ingang der luchtpijp, die daarachter en vlak vóór den slokdarm gelegen is, af te sluiten, opdat wij ons niet verslikken. Door den slokdarm daalt nu het voedsel af naar de maag, om aldaar een tweede bewerking tot zoogenaamd chym te ondergaan.

De maag A (zie volgende bladzijde Fig. 28*a*) is een ruime vliezige zak, die dwars in de bovenruimte der buikholte gelegen is, en welker gedaante bij den mensch en vele dieren die van een doedelzak is, tot welk muziekinstrument ook inderdaad dierenmagen gebezigd worden. De mond *a* der maag, waar de spijs in komt, bevindt zich links, terwijl zij rechts nauwer toeloopt en eindigt in het begin van den dunnen darm D. Om echter daarin te kunnen geraken, moet zich een inwendige ronde opening door verwijding ontsluiten. Deze draagt den eigenaardigen naam van portier; immers standvastig blijft zij als het ware den doortocht weigeren, zoo lang de

spijs nog niet in chym overgegaan is. Daartoe wordt vereischt, dat zij met een zuur vocht, het maagsap, dat, gelijk reeds gezegd is, door het bekleedend slijmvlies der maag wordt afgescheiden, genoegzaam vermengd en verwerkt is geworden; om hetwelk te bevorderen, zij door de werking der spieren die de maag omsluiten, onder den invloed van warmte, die daarbij onontbeerlijk schijnt, in 't rond bewogen wordt. Is de geschikte tijd eindelijk daar, zoo laat de portier

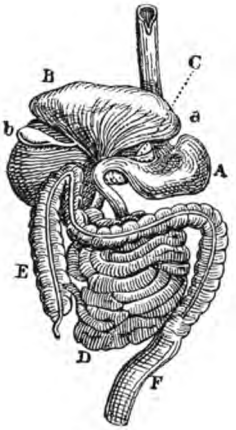


Fig. 28*a*.

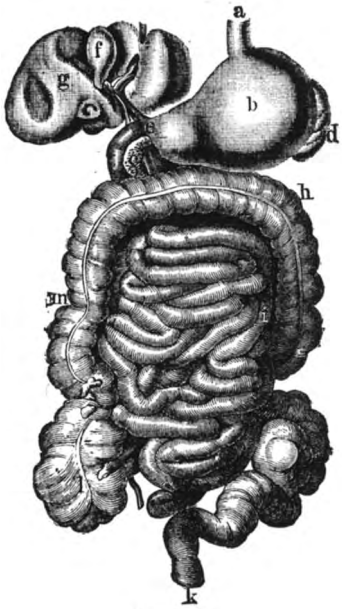


Fig. 28*b*.

Spijsverterings-organen bij den mensch.

a. Slokdarm.	*g*. Lever.
b. Maag.	*h*. Twaalfvingerige darm.
c. Alvleeschklier.	*i*. Dunne darmen.
d. Milt.	*k*. Endeldarm.
e. Portier	*l*. Blinde darm.
f. Galblaas.	*m*. Dikke darmen.

de massa door, die nu weer andere vochten opneemt, de gal namelijk, die door de lever B wordt afgescheiden, en waarvan zich eenige voorraad in het galblaasje *b* bevindt, en een tweede vocht, dat in de zoogenoemde alvleeschklier C bereid wordt. Daardoor scheidt zich dan van de chym al meer en meer een melkachtig vocht, chyl genaamd, af. Dat geschiedt gedurende den tocht door het verder kronkelend beloop van den dunnen darm. De stof die terugblijft, is tot niets meer nut en moet verwijderd worden; deze treedt in het

rechts gelegen blinde uiteinde E van den dikken darm, wordt voorts alverder omhoog, dwars links, en eindelijk naar omlaag in het gedeelte F, dat den naam van endeldarm draagt, gewrongen, om ten laatste het lichaam uitgeperst te worden. De chyl inmiddels, het eigenlijke voedsel, is door fijne in celletjes eindigende bloedvaatjes, waarmede de wanden van den dunnen darm bezet zijn, opgenomen, en geraakt op die wijze in het bloed. Ziedaar in korte omtrekken de spijsvertering bij den mensch geschetst, waarmede die bij de vleeschvretende zoogdieren groote overeenkomst heeft.

Merkwaardig is de afwijking, die daarvan wordt aangetroffen bij de zoogenoemde herkauwende dieren, runderen, kameelpardels, enz., die enkel van plantaardige zelfstandigheden leven, en die, omdat deze meer en langduriger bewerking vorderen, tot dat einde dan ook anders zijn toegerust. De herkauwende dieren hebben, in stede van een enkele maag, een maag met vier of drie afdeelingen: de zoogenoemde pens, de muts, de boekpens en de leb. Zonder vooraf tusschen de kiezen fijngewreven te zijn, komt de spijs dadelijk in de eerste maag, en van daar in de tweede, vervolgens klimt zij bij gedeelten door den slokdarm weer naar boven, wordt nu gekauwd en geraakt daarna, door een sleuf in den slokdarm, met voorbijgang van pens en muts, in de boekpens en eindelijk in de leb.

Nog opmerkelijker is de inrichting der spijsverteringswerktuigen bij die vogels welke van plantenzaden leven. Moesten ook zij dergelijk een toestel van magen en een gebit om te herkauwen bezitten, zoo zou dit hun lichtheid en vlugheid te zeer belemmeren. Maar hoe nu in de behoorlijke verwerking van het harde voedsel, bij een onmisbare beknoptheid van omvang, naar eisch voorzien? Vooreerst door een zoogenaamden krop, een verwijding van den slokdarm, die als tot voorraadschuur van de opgepikte zaadkorrels dient, en waar zij, met slijm vermengd, een voorloopige weeking en verandering ondergaan. Van daar komen zij vervolgens in de eigenlijke maag, die tweeledig is en uit een zoogenaamde klier- en spiermaag bestaat. De spiermaag is bijzonder merkwaardig; zij is niet ruim, maar van binnen hoornachtig en hard, zoodat daarin de noodige kneuzing en vermaling kan plaats vinden. Er zijn proeven genomen met ganzen en

andere vogels, die men naalden, lancetten en dergelijke heeft doen inzwelgen, welke voorwerpen, bij opening kort daarna, gebroken en afgestompt zijn wedergevonden. Sommige dier vogelsoorten slikken kleine steentjes in, en kunnen zelfs zonder dat hun voedsel niet verteren. De grootte en het aantal dier steentjes werd evenredig bevonden aan den omvang der spiermaag; die van een kalkoen bevat er een paar honderd, die van een gans wel duizend.

De maag is een deel dat bij geen dier gemist wordt. Op hoe lagen trap van bewerktuiging sommige diersoorten staan mogen, een maag hebben zij altijd, er zijn er zelfs die geheel maag, en niet veel meer dan dat zijn. In dat geval is het enkel een blinde zak, en worden de spijzen terstond daarin opgenomen. Nadat deze dan tot voeding gediend hebben, wordt het onnutte denzelfden mond weer uitgestooten die de spijze binnenliet. Zulke dieren laten zich soms als een handschoen 't binnenste buiten keeren, zonder daarvan eenig letsel te ondervinden. Bij zoo hoogst eenvoudig een inrichting, dit spreekt wel van zelf, kan er van eigenlijk bloed geen sprake zijn.

IV.

Bloedsomloop en Ademhaling.

Voorloopig maakten wij reeds gewag van de geregelde beweging van het voedingsvocht of bloed door geheel het dierlijk lichaam: laat ons thans onderzoeken, h o e het daarmede gesteld is. Vooraf echter dient hier aangemerkt te worden, dat tot een eigenlijken bloedsomloop weder een zekere samengesteldheid van bewerktuiging gevorderd wordt. Bij de rups en de gekorven dieren in het algemeen vinden wij nog maar een beginsel van zulk een rondgaande beweging, die zelfs niet eens altijd duidelijk blijkt. Doch er is ten minste een dunne vliezige buis aanwezig, die aan de rugzijde van onderen tegen de huid gelegen is, en die naar voren toe enger wordt, na zich eerst een weinig naar beneden omgebogen te hebben; men noemt ze het r u g g e v a t. En ofschoon men nu wel niet altijd zijtakken aan dat

ruggevat bespeurt, zoo schijnt het vocht dat die holte vult, zich toch bestendig voorwaarts te bewegen, en zich aan den kop van het dier op te hoopen. Vermoedelijk vindt het dus aldaar een zijdelingschen uittocht, en zal van achteren het ruggevat weer indringen, na tot voeding gediend te hebben. Men ziet het werkelijk zoo gebeuren bij den duizendpoot, die ook zulk een ruggevat heeft, en waar duidelijk van voren drie paren zijtakken uitloopen.

Bij hoogere bewerktuiging verkrijgt de holle spier, waaruit als uit een middelpunt het bloed overal heen gestuwd wordt, den naam van hart. De vaten die dien bloedstroom leiden, heeten slagaderen, ter onderscheiding van een andere soort van vaten, die het bloed naar het hart terugvoeren, en die men aderen noemt. Aan de uiterste oppervlakten gaan de slagaderen, die al nauwer en nauwer vertakt zijn geworden, eindelijk in zoogenoemde haarvaten over, welke vervolgens zich weer samenvoegen tot al wijder en wijder vaten, en dit zijn dan de aderen. Het hart der weekdieren, waartoe de oesters behooren, en dat der visschen bestaat uit een hartkamer en uit een soort van voorhof, hartboezem geheeten, welke laatste door een klapvlies met de eerste gemeenschap heeft. De kleinere ruimte, de hartboezem, neemt het bloed op, dat de hoofdader of aderen daarin uitstorten, 'twelk vervolgens in de grootere holte, de hartkamer, overgaat, om vandaar, door een samentrekking van het hart, de hoofdslagader ingeperst te worden. Het is klaar, dat dit niet kan geschieden, tenzij de bestaande gemeenschap tusschen hartboezem en hartkamer van zulk een aard is, dat het bloed alleen uit de eerste in de tweede ruimte, en niet terug, zich kan bewegen.

Maar het bloed dat zijn weg door het lichaam volbracht heeft, dient vóór het op nieuw zijn tocht onderneemt, gezuiverd te worden; welke bloedzuivering in een aanraking met lucht bestaat, en bij verschillende diersoorten op verschillende wijzen plaats vindt. Het inzuigen van de lucht uit den dampkring, of van de lucht die in het water, bijaldien dit het dier omgeeft, vervat is, noemt men in het algemeen ademhalen.

De ademhalingswerktuigen der gekorven diertjes zijn hun luchtbuizen. Deze liggen in groote menigte in de lengte van het lichaam,

hebben veelvuldige vertakkingen, en eindigen aan weerskanten in zoogenoemde luchtgaten, die aan de oppervlakte uitkomen; zoodat er bij die diertjes overvloedige gelegenheid bestaat om lucht op te nemen. Ook de insecten die in het water leven, hebben behoefte aan de vrije dampkringslucht, waarom zij van tijd tot tijd bovenkomen, ten einde lucht te scheppen.

Weekdieren zoowel als visschen ademen door kieuwplaten. Maar bij de weekdieren stroomt het bloed eerst door het lichaam, wordt daarna gezuiverd en keert dan terstond naar het hart terug, dat dus niet dan gezuiverd of slagaderlijk bloed bevat. Bij de visschen is het anders gesteld; daar keert het bloed verontreinigd naar het hart terug, het wordt vervolgens daaruit onmiddellijk naar de kieuwen gestuwd en loopt, na zuivering door de lucht, verder; daarom noemt men het visschenhart een aderlijk hart.

Vogels, zoogdieren en ook wij menschen hebben een tweeledig hart, waarvan Fig. 18*a* en 18*b* een denkbeeld geven kan. Zulk een hart heeft twee door een soort van middelschot gescheiden holten. Elk van beide bevat weer een hartkamer en een

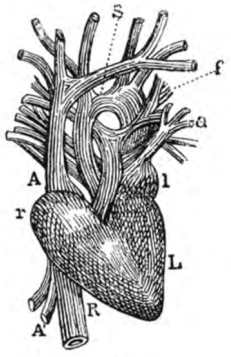


Fig. 29*a*.

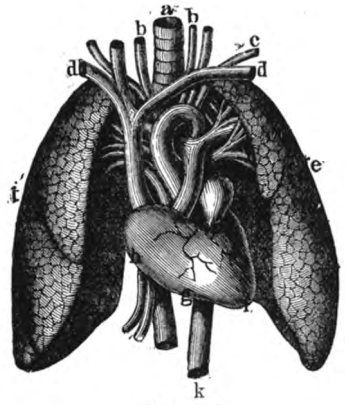


Fig. 29*b*.

Longen, hart en voornaamste aderstammen.

a Luchtpijp.	*f* Linker hartekamer.
b Hals-slagaderen.	*g* Rechter hartekamer.
c Arm-slagader.	*h* Rechter voorkamer.
d Arm-ader.	*i* Rechter long.
e Linker long.	*k* Aorta.

hartboezem. Het aderlijk bloed stroomt uit de hoofdaderen A en A′ (Fig. 29*a*) den rechter hartboezem *r* binnen, dringt vervolgens in de rechter

hartkamer R, en wordt door de long-slagader *s* naar de longen gestuwd, waar de aanraking met de lucht het in gezuiverd of slagaderlijk bloed doet verkeeren. In dien toestand neemt langs *a* de linker hartboezem *l* het op, vanwaar het in de linker hartkamer L geraakt, die het door de hoofdslagader S met kracht naar de verschillende deelen des lichaams perst. Deze laatste omloop wordt de groote bloedsomloop, de uitstap dien het bloed uit het hart naar de longen maakt, de kleine bloedsomloop geheeten.

De longen der vogels zijn van geringen omvang, maar hebben daarentegen gemeenschap met bijzondere holten, door geheel het lichaam verspreid, die zich bij het inademen ook met lucht vullen, waardoor de toegang der dampkringslucht in het inwendige zeer bevorderd wordt, en hetgeen nog daarenboven het voordeel heeft, dat, bij verdunning der lucht in die holten, de vogels lichter worden, en des te gemakkelijker zich zwevende houden.

Ook de kruipende dieren, krokodillen, slangen, kikvorschen, enz., ademen door longen. Doch de beide hartkamers zijn bij die dieren niet gescheiden, zoodat het aderlijk bloed maar voor een gedeelte naar de longen heenvloeit, en voor een derde slechts gezuiverd zijn omloop vervolgt. Hiermede stemt wel overeen, dat zij veel langer dan andere diersoorten versche lucht ontberen kunnen.

Opzettelijk onderzoek heeft geleerd, wélk bestanddeel uit de lucht bij de inademing bepaaldelijk ter bloedzuivering dient. Het is de zuurstof, die zich met koolstof in het aderlijk bloed verbindt tot koolzuur, welk laatste gas door de dieren uitgeademd wordt. Herinneren wij ons nu, dat de planten omgekeerd, onder de inwerking des lichts, koolzuur uit de lucht opnemen en zuurstof afgeven, zoo merken wij daarin een nieuw onderscheid op tusschen planten en dieren, en bespeuren tevens, hoe beide deze rijken der natuur aan elkanders instandhouding bevorderlijk zijn.

V.

Zenuwleven der dieren.

Wij zeiden dat de dieren zich van de planten onderscheiden door

gevoel en vrijwillige beweging. Zenuwen noemt men de deelen die bewustheid geven van de indrukken van buiten, of die de spieren doen samentrekken, hetgeen beweging ten gevolge heeft. Zij bestaan uit fijne draden van zoogenoemd zenuwweefsel, die in meer of minder hoeveelheid evenwijdig samengepakt zijn tot koorden of strengen, of wel een groote losheid en een daaraan geëvenredigden omvang en ontwikkeling verkrijgen. Eigenlijk vertakken zij zich niet, en zoo zij daarvan soms het voorkomen hebben, waarom men bij gebrek van beter dat woord bezigt, dan is het dat de bundels zich derwijze verdeelen, dat het aantal draden der schijnbare vertakkingen steeds gelijk is aan dat van den hoofdbundel, zooals zulks in Fig. 30 duidelijk voor het oog afgebeeld is. De doorkruising van een hoofdzenuwbundel met andere die daarmede oorspronkelijk geen geheel uitmaakten, vormt een verdikking of zoogenoemde zenuwvlecht, ook wel zenuwknoop geheeten, waarvan Fig. 31 een denkbeeld geven kan. De weekdieren, schaaldieren, insecten en meer andere hebben een zenuwstelsel van enkel zulke knoopen of vlechten. De meer volkomen bewerktuigde dieren, en in de eerste plaats de mensch, bezitten dat evenzeer, maar niet uitsluitend; 't is hun dienstig voor de onwillekeurige bewegingen van spijsvertering, hartklopping en ademhaling, waarvan zij in het gevoel geen bewustheid hebben. Zoo zij bij ziekelijke gesteldheid daarvan iets bemerken, moet zulks worden toegeschreven aan een bestaand verband, dat wij hier niet wel kunnen uitleggen, tusschen dat en een ander hooger zenuwstelsel, waardoor de indrukken van buiten hun bekend worden, en zij de bewegingswerktuigen dienstbaar maken aan hun wil.

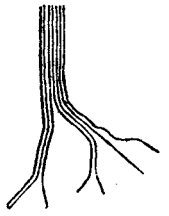


Fig. 30.

Fig. 31.

De hoofdzetels van laatstgemeld zenuwstelsel zijn de ruggegraat of wervelkolom en de schedel. Vandaar, dat men die hoogere diersoorten met één woord gewervelde dieren noemt, waarbij men den schedel dan terecht als den uitersten en meest ontwikkelden wervel aanmerkt. De fijne zenuwdraden, die de uiterste oppervlakte van hun lichaam bereiken, komen alle, 'tzij uit het ruggemerg of uit de hersenen, vormen aan de uiteinden nauw zichtbare, maar met

behulp van een vergrootglas toch waarneembare lussen, en keeren vervolgens weder naar de plaats terug waaruit zij voortsproten. Het ruggemerg vormt met de hersenen één samenhangend geheel, een hoofdstam van zenuwen, waaruit op verschillende afstanden bij den mensch wel vier en veertig paren zenuwbundels, aan weerskanten één, voortkomen, die zich verder al fijner en fijner verdeelen. Dat gedeelte van het ruggemerg, hetwelk den overgang tot de hersenen uitmaakt, en ook in de holte der hersenpan zich bevindt, draagt den naam van verlengd ruggemerg; de twaalf eerste paren zenuwtakken nemen daaruit hun oorsprong. In de hersenen huisvesten bewustheid en wil; hoogst merkwaardige proeven hebben dat onwederlegbaar bewezen. Als men in den poot van een kikvorsch bijv. een insnijding maakt, zoodat er een zenuw bloot komt, en men prikt die zenuw, dan geeft het dier terstond blijken van hevige pijn; maar dat is niet langer het geval, als men die zenuw hoogerop heeft doorgesneden, terwijl een prik nog hooger dan de plaats der doorsnijding wederom pijn veroorzaakt. De zenuwen brengen dus de aandoeningen tot de hersenen over. De hersenen zelve zijn daarentegen ongevoelig. Bij duiven heeft men deze weleens ontbloot, en dan liet zich hare oppervlakte wonden en zelfs scheuren, zonder dat het dier daarvan iets scheen te voelen, ofschoon het nog bleef leven en zich bewegen. Maar zoodra nam men de hersenen niet weg, of er volgde een plotselinge verdooving en volslagen machteloosheid op, waaruit geen ontwaken meer mogelijk was; aan den wil was het werktuig, waardoor hij werkt, ten eenenmale ontnomen.

Als men de wortels der zenuwbundels nauwlettend onderzoekt, dat is de zenuwdraden ter plaatse waar zij de wervelkolom in- en uitgaan, dan ontwaart men, dat die wortels tweeledig zijn, dat de eene meer naar den voor-, en de andere meer naar den achterkant ingeplant is. Maar nog meer: men heeft bij dieren den voorsten wortel van een bepaalden zenuwtak gansch en al doorgesneden, waardoor de gevoeligheid dier zenuw bleek niet verminderd te zijn; het vermogen echter, om de spieren voor welke zij ten prikkel diende, te bewegen, was verloren. Sneed men daarentegen alleen den achterwaartschen wortel door, dan vond het omgekeerde plaats: onmogelijkheid van

beweging was er, voor een deel slechts, het gevolg van; de aanraking met eenig scherp werktuig bleef intusschen pijn geven. Op die wijze heeft men zich overtuigd, dat de achterwaarts ingeplante zenuwdraden bepaald gevoels-, de meer naar voren wortelende daarentegen uitsluitend wilszenuwen zijn.

Het aangevoerde geldt van zulke zenuwen, die zoowel het eene als het andere doel — voelen evenzeer als bewegen — helpen bereiken. Niet alle zenuwen echter dienen voor dat dubbele oogmerk: sommige zijn enkel gevoels-, andere enkel bewegingszenuwen. Onder de gevoelszenuwen bestaat wederom een zeer opmerkelijk onderscheid. Er zijn er, de gezichtszenuwen bijv., die niet dan indrukken van een zeer bepaalden aard, hier lichtindrukken, aan de hersenen overbrengen; een gezichtszenuw kan men prikken en knijpen zoo veel men wil, zonder dat het pijn veroorzaakt; maar snijdt men ze door, dan is het ongelukkig voorwerp dier proefneming van stonden aan blind. Dit leidt ons als van zelf tot een korte beschouwing der onderscheiden zintuigen.

Het uitwendig werktuig van den tastzin is de huid, en bij uitnemendheid zijn het de vingertoppen bij den mensch. Maar, zal men zeggen, hoe voelt men dan een beleediging in het inwendige van het lichaam, dat immers in het vel als in een zak besloten is? Dit schijnt zoo; een weinig oplettendheid zal ons echter leeren, dat de eigenlijke huid zich niet enkel tot het uitwendige bepaalt, maar op vele plaatsen naar binnen gaat, en de holten, die het lichaam bevat, onder den naam van slijmvliezen bekleedt. Immers, om alleen een paar voorbeelden aan te halen, is niet het vlies dat het verhemelte tot voering verstrekt, een voortzetting van hetgeen de lippen bedekt? Liggen de nagels niet blijkbaar in een plooi van de naar binnen gevouwen huid? Het ruwer voorkomen van hetgeen men vel pleegt te noemen, moet toegeschreven worden aan een soort van half doorschijnend, hard geworden vernis, dat als opperhuid over de eigenlijke huid heenligt. Die opperhuid laat voor een klein gedeelte los bij een zoogenoemden dwangnagel; zij wijkt en zet zich op bij het trekken van een blaar. Meest overal is zij zeer dun; doch onder de voetzolen en in 't algemeen wáár maar een aanhoudend drukken en schrijnen de uitscheiding der

opperhuid uit de eigenlijke huid bijzonder bevordert, kan zij een aanmerkelijke dikte en taaiheid erlangen, in welk geval wij er de benaming van eelt aan geven. Sommige dieren, de slangen bijv., ontdoen zich op gezette tijden van hun opperhuid, die dan dikwijls in haar geheel als een scheede afvalt. Het afknippen van een dwangnagel of van het vliesje van een blaar doet geen pijn; maar prikt of snijdt men in de eigenlijke huid, dan voelt men het ter dege. En vanwaar? Omdat deze, gelijk een vergrootglas ons laat waarnemen, een menigte roodachtige kleine verhevenheden of tepeltjes bevat, waarbinnen zich waaierswijze de uiteinden van zenuwdraden uitbreiden. In grooter aantal dan elders komen die tepeltjes voor aan de vingertoppen onzer handen, waardoor voor den eigenlijk gezegden tastzin die ledematen bij uitnemendheid geschikt zijn, behalve dat de lengte der vingers, en de omstandigheid dat de duim tegen elken vinger overgesteld kan worden, tot het volledig betasten van eenig voorwerp ons menschen zoo bijzonder in staat stellen. In dat opzicht zijn de dieren nog des te minder bevoorrecht, naarmate de kortere vingers, bij minder buigzaamheid bovendien, meer door nagels bedekt en omgeven zijn, waardoor hun tastzin bij den onzen ver achterstaat. De olifant bedient zich van het uiteinde van zijn snuit als van een hand, waarmede het ook wel eenige overeenkomst heeft, ofschoon het eigenlijk een verlenging van den neus is. Andere dieren behelpen zich met hun tong, nog andere eindelijk zijn tot hetzelfde einde met sprieten, voelertjes en dergelijke werktuigen toegerust.

Het zintuig van den smaak is voornamelijk de tong. Het slijmvlies hetwelk de menschelijke tong bedekt, is zijn ruwe oppervlakte verschuldigd aan een menigte tepeltjes, voor het grooter deel van een kegelvormige gedaante. Deze bevatten de einddraden der tongzenuw, die een nadere vertakking der onderkaaksvertakking van het vijfde zenuwpaar is. Als men die zenuw bij een levend dier doorsnijdt, dan kan het met de tong geen onderscheid meer proeven. Alle zoogdieren hebben ten naaste bij een zelfde samenstel van tong met elkander gemeen. De tong der vogels is gewoonlijk kraakbeenig, en niet van zenuwtepeltjes voorzien; aan een fijnen smaak ontbreekt het hun dan ook. De visschen hebben mede, naar men aannemen mag, weinig of

geen smaak; zij zijn dan ook gewoon hun prooi schielijk in te zwelgen. Bij de lagere diersoorten kan men in het geheel geen afzonderlijk zintuig voor den smaak ontdekken.

Door den neus ruiken wij, en niet wij alleen, maar ook de zoogdieren in 't algemeen, benevens de vogels en kruipende dieren. Al die wezens hebben neusholten, die van voren door gaten met de buitenlucht, en van achteren met den mond gemeenschap hebben. Het slijmvliezig bekleedsel dier neusholten houdt de reukstoffen in de lucht op haren tocht naar de longen gedeeltelijk aan, welk bekleedsel in grooten getale de uiteinden van draden bevat, afkomstig van het eerste en vijfde zenuwpaar. In fijnheid van reuk wordt de mensch door vele dieren overtroffen, vooral door de vleeschvretende en de herkauwende zoogdieren. Dieren die in het water leven, ruiken door middel van de vloeistof die hen omgeeft, en hun reukorgaan levert dan ook eigenaardige wijzigingen op. De neusholten der visschen bijv. hebben geen verband met den achtermond, maar loopen blind, en het slijmvlies, waarmede zij als 't ware gevoerd zijn, vertoont een menigte van plooien straalswijze als om een middelpunt, of wel evenwijdig gelijk de tanden van een kam om een middellijn geordend. Vreemd is het, dat aan vele dieren een ongemeen fijne reuk niet ontzegd kan worden, aan gekorven, schaal- en weekdieren bijv., hoewel men tot dusver niet het minste zintuig, dat daartoe bestemd schijnt, bij hen vinden kon.

Het oor is het gehoororgaan bij den mensch. Wij gewaagden reeds van het trommelvlies, waarmede bij het menschelijk oor de inwendige gehoorgang eindigt. Achter het trommelvlies bevindt zich de zoogenaamde trommelholte, die eenige beentjes bevat, met lucht gevuld is en door een buis gemeenschap heeft met de buitenlucht, die neus en mond indringt. Vlak daarachter vindt men een besloten ruimte van zeer vreemdsoortigen vorm, die als gevuld is met een vliezigen zak, waarin een vocht. In dat vocht eindelijk zweven en verbreiden zich de uiteinden van het achtste zenuwpaar, dat alzoo de geluidstrillingen der lucht tot de hersenen overbrengt. Van de groote samengesteldheid van het oor weet men zich nog niet wel rekenschap te geven, te minder, omdat sommige van zijn deelen blijkens de onder-

vinding zonder groot nadeel gemist kunnen worden. De vogels hebben niet eens een uitwendig oor, bij de kruipende dieren ontbreekt zelfs de gehoorgang. Bij de meeste visschen treft men nog onvolkomener oor aan. Doch aan geen gehoorwerktuig, zoo er ergens een gevonden wordt, mist men een met vocht gevuld vlies, waarin een zenuw eindigt en zich uitbreidt. Weekdieren en insecten schijnen geen opzettelijk werktuig van dien aard te bezitten, ofschoon men ze toch niet wel voor volslagen doof kan houden, hetgeen men van nog lagere diersoorten bijna moet aannemen.

Wat eindelijk het oog aangaat, daarvan is ter gelegenheid van het licht, voor zoover den mensch betreft, reeds het noodige gezegd geworden. Wij hebben daarbij alleen nog het een ander te voegen ten aanzien van de oogen der dieren. Met betrekkelijk geringe afwijkingen komen de oogen van alle gewervelde dieren met de onze overeen. Ook zijn er enkele weekdieren waarvan hetzelfde geldt. Maar de insecten hebben geheel andere zoogenoemde samengestelde oogen, waarvan de oppervlakte een groote menigte, somtijds wel eenige duizenden, lensjes vertoont. Nauwkeurig onderzoek heeft daaromtrent tot deze uitkomst geleid, dat met elk van die oogjes een klein gedeelte of vakje van eenig voorwerp gezien wordt, alle welke geziene vakjes bij wijze van mozaïek zich tot een beeld van het geheele voorwerp samenvoegen. Behalve zulke samengestelde oogen aan weerszijden van den kop, hebben vele insecten nog boven op den kop, in het midden, een drietal of anders een paar eenvoudige oogen, die zich als zeer bol voordoen, en hun kunnen dienen om van zeer nabij te zien. De dagvlinders en bijkans alle torren missen die eenvoudige oogen geheel. Ook de oogen der schaaldieren, kreeften, krabben, garnalen en dergelijke moet men in eenvoudige en samengestelde onderscheiden, die men echter bij die dieren niet als bij vele insecten tegelijk aantreft.

VI.

Bewegingswerktuigen der Dieren.

Uit het voorgaande weten wij, dat de zenuwen niet enkel dienen om gewaarwordingen te geven, maar tevens om de werkzaamheid van

andere deelen des lichaams op te wekken. Het zijn namelijk de spieren en spierrokken, tusschen en langs welke de bewegingszenuwen heenloopen, die door den invloed dier zenuwen zich krachtig samentrekken, en ziedaar het middel waardoor de mensch en de dieren zich verplaatsen of althans voor een deel bewegen, op de wereld buiten hen werken en hun behoeften en aandoeningen kenbaar maken. Wij willen trachten op te helderen, hoe voornamelijk die samentrekbaarheid van het spierweefsel dat doel doet bereiken. Denken wij ons te dien einde een paar lichte voorwerpen A en B, (zie Fig. 32) die door een geel koperen spiraalveer onderling verbonden zijn. Brengt men ze een weinig van elkander en laat men vervolgens beide gelijktijdig los, dan krimpt de veer weer in, en de voorwerpen bewegen zich naar elkander toe. Houdt men daarentegen een van beide, A bijv., onwrikbaar vast, dan zal zich bij een gelijke uitrekking der veer het andere B alleen, en nu zóóveel meer naar A heen bewegen, dat zij vannieuws op den oorspronkelijken afstand geraken. Daarmede laat zich nu eenigermate het vermogen der spieren vergelijken, niet onvoorwaardelijk evenwel; want in een zeker derde gaat de vergelijking mank. De koperen spiraaldraad moet aanvankelijk uitgerekt, en dus de afstand der voorwerpen A en B vergroot worden, zal zich veerkracht in den draad ontwikkelen. Niet alzoo met de spieren; deze behoeven niet eerst uitgerekt te worden, maar zoo slap als zij in den evenwichtstoestand zijn, is de werking der zenuwen voldoende, om ze, bij een zelfde lengte, op een ons onverklaarbare wijze in een spanningstoestand te brengen, waarvan een samentrekking het onmiddellijk gevolg is, zoodat de uiteinden elkander naderbij gebracht worden. Zoodra houdt niet de zenuwwerking op, of de spieren verslappen weer van stonden aan. Terwijl dus de verminderde lengte der koperen veer, nadat zij eerst uitgerekt en daarna vrijelijk aan zich zelve overgelaten is geworden, niet anders dan hare natuurlijke lengte is, waarop zij vervolgens verblijft, zoo ligt de eigenlijke oorzaak van de verkorting eener spier minder in de spier zelve, dan wel in den invloed der zenuw; met de zenuwwerking houdt ook zij op. Vandaar dan ook, dat een spier niet lang in zulk een

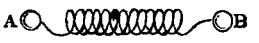


Fig. 32.

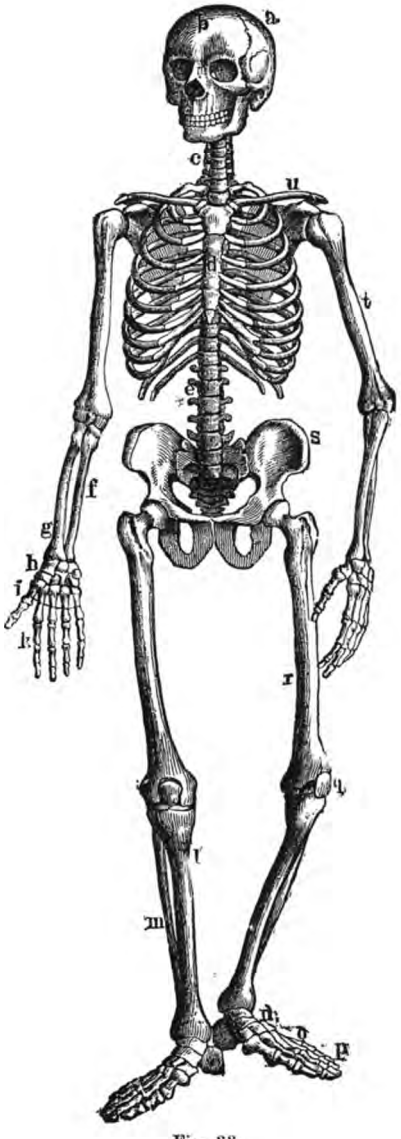


Fig. 33.

spanning kan blijven verkeeren: er volgt vermoeiënis op, en zij is ten laatste niet meer in staat, om den wil te gehoorzamen. Men beproeve maar eens om bijv. op de teenen te blijven staan, en men zal spoedig bemerken, dat men dat niet lang zal kunnen volhouden. De spier die zich hierbij spant, is al zeer duidelijk te onderkennen: 't is het vleesch der kuiten, dat dan door zijn strakheid de hielen optrekt.

Bij de laagste diersoorten zijn de spieren alle ingehecht in het weeke en buigzame buitenbekleedsel, waarvan dus de gedaante door hare werking gewijzigd wordt, doordien het zich geheel of gedeeltelijk beweegt. Maar bij dieren die een hooger ontwikkelde bewerktuiging bezitten, is ook die voor de bewegingen geenszins zoo eenvoudig, daar deze veel juister en

Verklaring van Figuur 33.

Geraamte van den mensch.

a Wandbeen.
b Voorhoofdsbeen.
c Halswervel.
d Borstbeen.
e Lendewervels.
f Ellepijp.
g Spaakbeen.
h Handwortel.
i Middelhand.
k Vingers.
l Scheenbeen.
m Kuitbeen.
n Voetwortel.
o Middelvoet.
p Teenen.
q Knieschijf.
r Dijbeen.
s Heupbeen.
t Bovenarm.
u Sleutelbeen.

van grooter omvang moeten zijn. Bij hen treft men dan ook een samenstel van harde deelen aan, die een stevig geheel uitmaken, en daarop is het dat de spieren ingeplant zijn, terwijl het tevens datgene omgeeft wat, van meer teederen aard, beschutting noodig heeft. Dat samenstel draagt den naam van geraamte. Bij sommige dieren, bij insecten bijv. en schaaldieren, is het uitwendig, en bestaat enkel in een wijziging der huid; maar bij den mensch, en de diersoorten wier lichaam het zijne naderbij komen, is het inwendig gelegen; het bestaat daar aanvankelijk uit zoogenoemd kraakbeen, een witte, dichte, zeer veerkrachtige zelfstandigheid, die daarbij grooten weerstand biedt, zijnde een wijziging van het vorm- of celleweefsel. Behalve bij sommige vischsoorten, den rog bijv., neemt echter dat kraakbeen weldra een menigte van steenige stoffen van kalkachtigen aard op, en wordt daardoor onbuigzaam, breekbaar en zeer hard; het is dan eigenlijk been geworden.

Aan 't menschelijk geraamte, (zie Fig. 33 voorgaande bladzijde), dat meer dan tweehonderd verschillende beenderen telt, onderscheidt men drie hoofddeelen; den schedel, den romp of tronk en de ledematen. De schedel bestaat weer uit de hersenpan en de gelaatsbeenderen. De hersenpan omvat de hersenen en is samengesteld uit acht beenderen, eenige zeer veel kleinere niet medegerekend. Al die acht beenderen sluiten stevig in of tegen elkander, en maken met de gelaatsbeenderen, die veertien in aantal zijn, een onwrikbaar geheel uit, met uitzondering alleen van het onderkaaksbeen, dat, gelijk bekend is, neer en op bewogen kan worden. Het gelaat heeft vijf groote holten: één mond- en twee neusholten, benevens twee oogkassen, voor de zintuigen van den smaak, den reuk en het gezicht. De gehoorbeenderen bevinden zich in de rotsbeenderen, die als gedeelten der slaapbeenderen tot de hersenpan behooren; zij worden aldus genoemd om hun zeer groote hardheid. Van onderen heeft de schedel een menigte openingen, tot doorlating van bloedvaten en zenuwen, een van welke bijna cirkelrond en veel grooter is dan al de andere. Deze bevindt zich in het achterhoofdsbeen, en verleent den toegang aan het ruggemerg. Aan weerskanten dier opening, een weinig naar voren, zijn twee knobbels aanwezig, waarmede de schedel op den romp rust, hetgeen gelegenheid geeft

om de voor- en achterwaartsche beweging met het hoofd te maken.

Het gewichtigste deel van den romp, ja van geheel het lichaam, wat de beweging betreft, dat deel, hetwelk de hoofdsteunpunten van al de overige bevat, en de minste afwijkingen bij de onderscheidene diersoorten oplevert, is de wervelkolom. Men geeft dien naam aan een opeenstapeling van zoogenaamde wervelen, die de gansche lengte des lichaams, van den nek tot den stuit, beslaat. Het zijn eenigszins ringvormige beentjes, die stuk voor stuk op een eigenaardige wijze zich aan elkander aansluiten. Naar voren, aan den binnenkant van den bovensten wervel, die het hoofd draagt, is een kleine groeve aanwezig, waarin een opstaande tand van den tweeden wervel grijpt, om welken eerstgemelde wervel met hoofd en al als om een as draaiën kan.

De vijf volgende wervels maken met de twee reeds genoemde den nek uit. Daarop volgen er twaalf, de rugwervelen, van welke ter weerszijden de ribben uitloopen, die als halve hoepels de borstholte omvatten, en waarvan er zeven, van voren met kraakbeenige verlengstukken aan het recht naar omlaag gaande borstbeen bevestigd zijn; de overige vijf paren heeten valsche ribben, omdat zij al korter worden, zich daardoor niet zoo ver naar voren uitstrekken, en omdat hare kraakbeenige verlengstukken het borstbeen zelf niet bereiken, maar telkens aan die van de onmiddellijk hooger gelegen ribben gehecht zijn. Dan komen de vijf lendenwervelen. Op deze volgen in de eerste kindsheid van den mensch wederom vijf, en eindelijk nog vier wervelen. Doch al spoedig vergroeiën die vijf, zoowel als dat viertal, tot twee enkele beenderen, het heiligbeen en den stuit. Het laatste been is niet hol, terwijl in 't algemeen bij de dieren de eindwervelen het wel zijn en een staart vormen. De wervelkolom bestaat dus in 't geheel uit vier en twintig wervelen, benevens het heilig- en stuitbeen. Al die wervelen, met uitzondering alleen van den bovensten, hebben ieder een doornswijs uitsteeksel, dat bij den laatsten nekwervel, t. w. den zevenden, grooter is dan bij de hooger gelegen, waarvan men zich gemakkelijk door bevoelen kan overtuigen.

De ledematen eindelijk worden onderscheiden in bovenste en

onderste ledematen. Beide bestaan uit een gelijk aantal geledingen. De bovenarm, voorarm en hand maken de bovenste; de dij, het been en de voet de onderste ledematen uit.

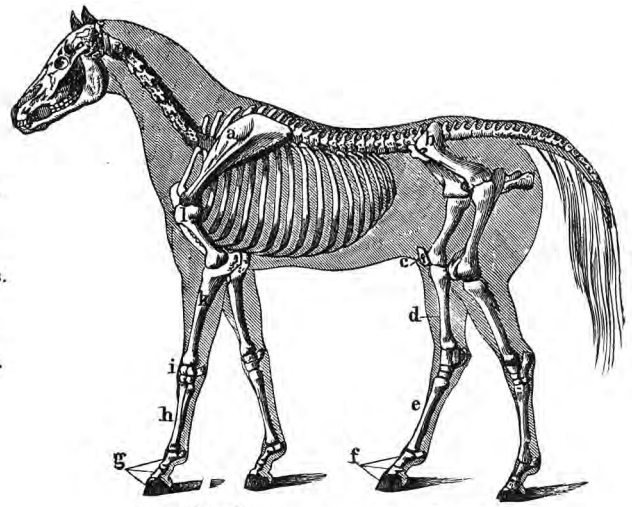
De bovenarm is één enkel been met een bolvormig boveneinde, hetwelk past in een dergelijke holte onder de schouderhoogte, dat is de zich verbreedende hoek van een van twee driehoekige beenplaten, de schouderbladen, die van achteren aan weerszijde een gedeelte van den rug bedekken. Voorts zijn de schouderhoogten elk met een dun flauw ω-vormig been, het sleutelbeen, naar voren met het boveneinde van het borstbeen verbonden. De beschreven wijze van inhechting van den bovenarm, met een zoogenoemd neutgewricht, maakt dat hij in zeer vele richtingen beweegbaar is. De voorarm is aan den bovenarm verbonden met een zoogenoemd scharniergewricht, dat hem alleen eene draaiënde beweging in één zin toelaat. Hij bestaat uit twee beenderen, het spaakbeen, waaraan de hand bevestigd is, en de ellepijp, waaromheen het eerstgemelde been met de hand een soort van wringbeweging kan aannemen, die ons in staat stelt de opgehouden vlakke hand om te wenden. Aan de hand, die alleen uit niet minder dan zeven-en-twintig hoofdbeenderen samengesteld is, onderscheidt men den handwortel, de middelhand en de vingers.

De dij is wederom, gelijk de bovenarm, een enkel been; ook dit is met een neutgewricht ingeplant, en wel in het heupbeen, dat een vrij onregelmatige gedaante heeft en samengegroeid is met dat gedeelte van den romp, dat den naam van heiligbeen draagt. Het heiligbeen, dat naar beneden smaller wordt, sluit bij wijze van een wig het heupbeen, en begrenst daarmede een ring- en tevens komvormige holte, het zoogenoemde bekken. Het been bestaat, evenals de voorarm, uit twee beenderen, het scheen- en het kuitbeen. Het eerstgemelde is veel dikker en zwaarder dan het tweede, dat zich daarachter bevindt, en dat als tot schoor of stut dient. Ook het scheenbeen laat zich om het kuitbeen heenwringen, evenwel in veel mindere mate dan het bij den voorarm plaats heeft, zoodat ook de voet buiten- en binnenwaarts gedraaid kan worden. Wederom, evenals aan de hand, onderscheidt men aan den voet, die uit zes-en-twintig

hoofdbeenderen bestaat, drie deelen, den voetwortel namelijk, den middelvoet en de teenen.

In 't beschrijven van het menschelijk geraamte zijn wij uitvoeriger geweest, omdat naar hetzelfde plan ook de geraamten van alle gewervelde dieren zijn ingericht, waarvan wij ons nu lichtelijk kunnen overtuigen, zoo dikwijls wij in de gelegenheid zijn het beendergestel van 't een of ander dier te beschouwen. Mogen er al soms enkele deelen ontbreken, vele andere in vorm en afmetingen aanmerkelijke wijzigingen vertoonen, de hoofddeelen vindt men bij alle terug, en altijd in dezelfde rangorde en opvolging.

Als wij op de achterpooten van de meeste viervoetige dieren letten, (zie Fig. 34), dan zouden wij zeggen, dat hun knieën geheel anders



a Schouderblad.
b Heupbeen.
c Knieschijf.
d Scheenbeen.
e Middelvoet.
fg Vingerkootjes.
h Middelhand.
i Handwortel.
k Voorarm of Spaakbeen.
l Opperarmbeen.

Fig. 34. Geraamte van het Paard.

dan de onze zijn ingericht, immers zij schijnen naar achteren instedevan naar voren te staan. Een nauwkeurig onderzoek zal ons echter leeren, dat de knie hooger ligt, dan wij ons eerst verbeeldden, en in buiging met de onze overeenkomt; dat hetgeen wij oppervlakkig daarvoor hielden, de hiel van den voet is, die bij die dieren niet gelijk bij ons op den grond komt te rusten. Dat is bij den mensch noodig, aangezien

hij maar op twee beenen loopt, om aan het gewicht van zijn lichaam een breeden grondslag te geven. De dieren daarentegen waarvan wij

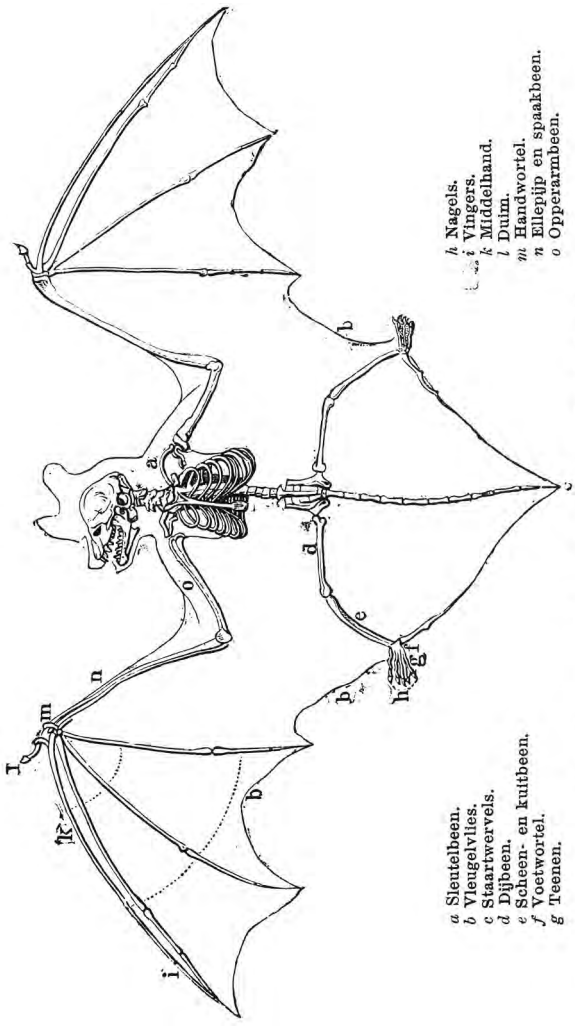


Fig. 35. Geraamte van de gewone of vale Vledermuis.
Met aanwijzing van het vleugelvlies.

gewaagden, behoeven dit niet, daar zij vier steunpunten hebben; zij kunnen dus, zooals zij werkelijk doen, op de teenen gaan, en dat niet-

tegenstaande het aantal teenen dikwijls tot op twee, gelijk bij het hert, of zelfs tot op één, gelijk bij het paard, verminderd is. Beren, springhazen en eenige weinige andere, die van nature soms op de achterpooten alleen staan of gaan, brengen dan ook wel degelijk hunne hielen op den grond. Niet alzoo doen de vogels, ofschoon zij om hun lichaam te ondersteunen maar twee pooten bezitten; doch hun van groote nagels voorziene teenen zijn ook betrekkelijk zeer lang en beslaan een groot vlak, waardoor het hun zelfs mogelijk wordt, gelijk wij aan onzen ooiëvaar veelvuldig kunnen waarnemen, om een geruimen tijd met het grootste gemak op één been te staan.

De vogels, zal men zeggen, hebben geen voorste ledematen, en in plaats daarvan vlerken of vleugels; maar die vleugels, al zijn zij ook voor het vliegen met pennen toegerust, zijn wezenlijk niet anders dan armen, waaraan bovenarmsbeen, ellepijp, spaakbeen noch hand ontbreken. Bij de vledermuizen heeft zelfs de hand evenveel vingers als de onze (zie Fig. 35 voorgaande bladzijde), doch haar duim vertoont zich alleen als zoodanig; de lange vingers dienen bij wijze van de baleinen van een regenscherm, om het vlies, waarin zij zich als in een mantel hullen, tot vliegen uit te spreiden. Bij de visschen verkrijgen de armen de gedaante van vinnen, maar dat ook dat inderdaad armen zijn, lijdt bij een opmerkzame beschouwing geen den minsten twijfel.

't Is ons gebleken, hoe de romp den voornamen steun voor alle bewegingen des lichaams uitmaakt, en hoe andere steunpunten, die zelve meer of min bewegelijk zijn, de gevorderde vastheid van deel tot deel aan die van den romp ontleenen. Maar dat inzicht alleen is geenszins voldoende, om ons rekenschap te geven van de samengesteldheid der velerlei bewegingen, die onze lichamen en die der bewerktuigde dieren vermogen aan te nemen. Zullen toch de spieren enkel door hare samentrekking die teweegbrengen, zoo gevoelt men, dat haar aantal, vorm en plaatsing zeer in aanmerking komen, en al een zeer groote verscheidenheid moet opleveren, hetgeen dan ook inderdaad het geval is, Zoovele beenderen als er bewegelijk zijn, zoovele onderscheiden hefboomen heeft men niet alleen, maar die hefboomen zijn weer verschillend gewijzigd, naarmate de beweging door de samentrekking van

deze of gene spieren teweeggebracht wordt. De inhechting dier spieren geschiedt met behulp van eigenaardige verlengsels, die meestal de gedaante van koorden vertoonen, een wit glinsterend en zeer taai voorkomen hebben en den naam van pezen dragen. Zij bestaan uit een wijziging van het vormweefsel, en zijn dan ook niet samentrekbaar gelijk de spieren; de welbekende zoogenoemde Achillespees is dergelijk een verlenging van de kuitspier, welke zij met den hiel verbindt.

VII.

Vervolg. Willekeurige en onwillekeurige Bewegingen der Dieren.

Als men op den grond staande den hiel oplicht, dan geschiedt dat door de werking van meergenoemde kuitspier, en dan hebben wij blijkbaar een hefboom, als een spaak. Het gewicht van het been en van een gedeelte van ons lichaam, of, zoo wij op dat been alleen staan, de zwaarte van geheel ons lichaam drukt als last tusschen het steunpunt, dat de teenen hier uitmaken, en tusschen het machtpunt in, waar de pees is ingehecht. De kracht der ingekrompen spier werkt hier, aanvankelijk althans, in een richting nagenoeg loodrecht op den hefboom, dus op de voordeeligste wijze. Maar meestal is het daarmede gansch anders gesteld, als het namelijk, gelijk bij den arm bijv., meer op een aanmerkelijke snelheid aankomt. De spier, die den bovenarm moest opheffen, heeft hare inhechting niet ver beneden het schoudergewricht en loopt bijkans evenwijdig met het been. De last drukt daarbij op nog grooter afstand van het steunpunt, in het zwaartepunt namelijk van den geheelen arm met de hand er bij, of, bijaldien de hand eenig voorwerp gevat houdt, in het vereenigd zwaartepunt van dat voorwerp en den arm te gader, hetwelk blijkbaar nog al verder gelegen zal zijn. Ziedaar dan een hefboom van zulk een aard, als het bewegelijk gedeelte der vuurtang oplevert, zoodat een geringe inkrimping der spier den arm een aanmerkelijken boog doet beschrijven. Men begrijpt hieruit lichtelijk, wat al spierkracht er vereischt wordt,

om bijv. een geweer bij de kolf recht uitgestrekt te houden en op te beuren, gelijk sommige lieden vermogen te doen. Op zich zelve toch is de soort van hefboom, wat de benoodigde macht aangaat, hier reeds een onvoordeelige, maar hij wordt het nog veel meer door den scherpen hoek, waaronder het vermogen er op werkt. Om dit laatste zooveel mogelijk te verhelpen, heeft de natuur partij getrokken van de aan de uiteinden der beenderen voorhanden verhevenheden of knobbels, die voor de stevigheid der gewrichten toch reeds gevorderd werden, door er de pezen overheen te doen loopen, waardoor de hoek waaronder de macht werkt, minder scherp wordt. Waar dit nog niet voldoende zijn mocht, is er tot dat einde óf een opzettelijk been aangebracht, gelijk de welbekende knieschijf vóór het kniegewricht, óf er is, gelijk bijv. aan den duim en het oog, door bijzondere beentjes, die de dienst van katrolletjes verrichten, in voorzien geworden.

Wat doen wij wel, als wij loopen? Vooreerst verlengen wij, door een nauw merkbaar lichten van den hiel en een daardoor eenigszins strekken van den voet, het linker been bijv., waardoor wij het gewicht des lichaams op het rechter been alleen overbrengen. Zonder dat — de proef zal er ons aanstonds van overtuigen — zou het niet mogelijk zijn, het eerstgenoemde been vooruit te brengen, of wij zouden omvallen. Nu kan dat echter geschieden; en alzoo wordt dan het zwaartepunt schuins-links naar voren gebracht, daarin nog geholpen door de uitstrekking van den rechter voet, alwederom het gevolg van de samentrekking der kuitspier. Het lichaam is derhalve niet langer ondersteund en moet vallen, doch de linker voet is middelerwijl weer op den grond neergezet, en het been is dus gereed zijn verderen val te verhoeden en het op zijn beurt te schragen. Daarop wordt het evenwicht door het vooruitbrengen van het rechter been vannieuws gestoord, en het zwaartepunt met een kleine wending van het bekken schuins-rechts naar voren gebracht, en zoo vervolgens. Ons gaan is derhalve niet anders dan een telkens herhaald vallen. Alleszins verklaarbaar wordt ons nu de angstige vrees van het kind, om de eerste schreden te wagen. 't Is tevens duidelijk, daar het vallen bij afwisseling nu links, dan weder rechts naar voren moet plaats hebben, dat zwaarlijvige lieden, wier beenen tot steviger ondersteuning van de

vracht huns lichaams wijder uit elkander plegen te staan, noodzakelijk een waggelenden gang hebben, hetgeen wij trouwens ook aan de eenden en ganzen kunnen waarnemen.

Niet anders is het met den gang der viervoetige dieren gesteld, ook dat is een herhaald gebroken val. Als men nauw toeziet, zal men bespeuren, dat meest alle den rechter voor- en linker achterpoot gelijktijdig oplichten, daarna den linker voor- en rechter achterpoot, en zoo om en om. De kameelpardel maakt daarop een merkwaardige uitzondering, als die beurtelings óf op de beide rechter óf op de beide linker pooten het gewicht van zijn lichaam laat neerkomen; ook sommige paarden, de zoogenoemde telgangers, doen zulks. Het spreekt wel van zelf, dat bij een zelfden spoed dier afwisselende valbewegingen, de snelheid bij onderscheiden dieren des te grooter zijn moet, naarmate hun ledematen meer lengte hebben.

Terwijl bij het gaan het lichaam telkens in een wankel evenwicht verkeert, en dus nooit geheel zonder steun is, zoodat de mensch of het dier altijd in aanraking blijft met den grond, is dat bij het springen het geval niet. Daarbij geeft men zich geheel op, om, een weinig of soms veel verder, op juist berekende wijze, weder neer te vallen. En hoe heeft die beweging plaats? Door het plotseling strekken van ledematen die een oogenblik te voren sterk gebogen waren. Nemen wij onze koperen spiraalveer wederom ter hand, maar laat ons haar, instedevan ze uit te rekken, integendeel indrukken met het eene uiteinde tegen een vast beletsel, dan herneemt zij, losgelaten, eensklaps hare oorspronkelijke lengte, en de tegenstand die haar verhindert in beide hare richtingen zich te verlengen, geeft haar een snelheid in zulk een richting, als haar van het steunpunt doet afspringen. Door dergelijk een veering nu vermag men geheel zijn lichaam van den grond op te heffen. Is dat zoo, dan lijdt het geen twijfel, of naarmate de saamgebogen ledematen langer zijn, en met meer spoed en kracht zich vermogen te ontvouwen en te strekken door de werking der spieren, naar die mate ook de sprong hooger of verder moet kunnen geschieden. En inderdaad: de dieren die in het springen uitmunten, katten bijv., konijnen en kikvorschen, maar bovenal springhazen, bezitten te dien einde betrekkelijk zeer lange achterpooten. De

voorpooten zijn integendeel zeer kort ineengedrongen, en niet zonder reden. Zij zouden anders maar noodeloos het gewicht verzwaren, en moeten bovendien voornamelijk dienen om den val te besturen en onschadelijk te maken; 't is daarom ook een vereischte, dat zij behoorlijk bestand zijn, om den aanmerkelijken schok van de geheele vracht des neerkomenden lichaams te verduren.

Het zwemmen en vliegen zijn bewegingen van denzelfden aard als het springen, met dit onderscheid alleen, dat hierbij een vloeistof en een gas, die zelven zoo bijzonder gemakkelijk verplaatsbaar zijn, als tegenstand biedende lichamen den grond vervangen. De ledematen, die, terwijl zij zich uitbreiden, snel naar achteren worden bewogen, steunen daarbij meer of min tegen het water of de lucht, en ondervinden daarvan in die richting meer tegenstand, dan het lichaam van voren in dezelfde middelstof ontmoet. Het komt derhalve op hetzelfde neder, alsof de veer wederom tegen een vast beletsel drukte, maar slechts door een kracht ontspannen werd gelijk aan het verschil van beide tegenstanden. Daar de ledematen zich telkens op nieuw moeten intrekken, zoo zou, bijaldien dat met dezelfde snelheid geschiedde, aanstonds weer verloren worden hetgeen nauwelijks gewonnen was. En zeer langzaam kan het niet wel plaats vinden, tenzij bij visschen en zwemvogels, die even zwaar of wel lichter dan water zijn en daarin zweven of er op drijven, daar bij het zwemmen van andere dieren of bij de vlucht der vogels, vleermuizen en insecten, de beweging tegelijk den val moet verhoeden. Om dus ook hierin te voorzien, en in 't algemeen het bezwaarlijke van een telkens afwisselende snelheid weg te nemen, zijn de visschen met waaierswijze toeslaande vinnen, de zwemvogels en zeehonden met dergelijke zwemvliezen, de vleermuizen, vogels en insecten met vlies- of vedervleugels toegerust, die zij beurtelings breed en smal kunnen maken.

Bij sommige dieren worden door een geringe wijziging in den beenderbouw en de inrichting der geledingen, de ledematen, die gewoonlijk alleen tot verplaatsing van 't geheele lichaam strekken, ook nog tot een ander einde, tot grijpen, vasthouden en verscheuren dienstbaar gemaakt; men denke slechts aan de klauwen van de roofdieren, zoowel van vogels als van zoogdieren. Zoo hebben de groote teenen

der apen een onafhankelijke beweging, evenals onze duimen, hetgeen maakt dat de apen in waarheid vier handen bezitten. Zoo kunnen enkele aap-soorten het einde van haar langen staart om een boomtak krullen en zich op die wijze daaraan hangende houden; de staart dient den dieren anders, evenals het roer aan een schip, om te sturen en te wenden.

Al de hier vermelde bewegingen zijn willekeurige bewegingen, waarvan wij ons zelven bewust zijn; zij gaan, zoo als wij gezien hebben, óf onmiddellijk óf door middel van het ruggemerg, van de hersenen uit. De geheel onwillekeurige daarentegen, de kloppingen van het hart bijv. en de eigenaardige wormbewegingen der ingewanden, door welke laatste de chym en drekstoffen al verder en verder geschoven worden, schijnen enkel door het zenuwvlechtstelsel opgewekt en gaande gehouden te worden, gelijk wij voorloopig reeds vermeldden. Immers deze heeft men nog zien voortduren bij dieren, wier hersenen en ruggemerg men vernietigd had, mits men maar zorgde de ademhaling kunstmatig te onderhouden.

VIII.

Verschillende Tijdperken des dierlijken Levens.

Bij den mensch en de hooger bewerktuigde dieren onderscheidt men drie tijdperken des levens: de jeugd, den volwassen leeftijd en den ouderdom. Het kind, dat zijn vroegste voedsel en lafenis aan de moederborst vindt, begint eerst tegen het einde van zijn eerste levensjaar tanden te krijgen, in 't geheel ten bedrage van twintig, vier paar snijtanden namelijk, twee paar hoektanden en vier paar maaltanden of kiezen. Men noemt ze melktanden, omdat zij weldra uitvallen en tegen nieuwe verwisseld worden; waarbij zich vervolgens tusschen de zes en acht jaren een derde, tusschen de vijftien en achttien jaren een vierde, en eindelijk op nog lateren leeftijd een vijfde viertal kiezen voegt. Het kind neemt spoedig toe in grootte en krachten, het leert loopen en spreken, ontwikkelt zich als

jongeling meer en meer, en is op een leeftijd van nagenoeg vijf en twintig jaren volwassen. In het mannelijk tijdperk groeit de mensch niet meer, maar heeft nu zijn geheele lengte en de volle maat zijner krachten verkregen. Het vuur der jeugd is door rijpheid van oordeel en vastberadenheid getemperd geworden. Naar lichaam en geest heeft hij den hoogsten trap van ontwikkeling bereikt, waarvoor hij vatbaar is. Daarop houdt hij zich een twintig- of dertigtal jaren staande, en dan begint van lieverlede de ouderdom zich aan te kondigen, zijn krachten vangen aan te verminderen, zijn haren te grijzen, geheel zijn lichaam te vermageren, rimpels vertoonen zich op zijn voorhoofd, zijn oogen nemen in bolheid af, ook zijn natuurlijke warmte vermindert; wederom verliest hij zijn tanden, zijn gestalte neigt zich ter aarde, zijn gang wordt wankel, zijn bewegingen worden stram en gaan van beving vergezeld, kraakbeenige weefsels in zijn lichaam nemen meer en meer kalkachtige stoffen op en verbeenen, ten laatste komt de dood, om aan zijn aardsche aanzijn een einde te maken.

Dergelijk een aanvankelijke, voltooide en verkwijnende toestand wordt bij alle dieren in meerdere of mindere mate waargenomen. Bijzonder merkwaardig echter zijn te dien opzichte de gedaanteveranderingen, die de gekorven dieren daarbij ondergaan. Men weet, hoe uit de vlinder-eitjes eerst rupsen te voorschijn komen, hoe die rupsen naderhand verpoppen en eindelijk de poppen in het vliegend insect verkeeren. Maar het is wellicht veler aandacht ontsnapt, dat dat een vrij algemeene wet is voor dieren van dien aard. Ook de muggen bijv., torren, wespen, bijen en meer, zijn daaraan onderworpen. Men pleegt het insect in de eerste gedaante die het aanneemt, die van rups of made, met een bepaald woord, masker, aan te duiden, in de tweede met de benaming van pop en in de derde met die van volkomen insect te bestempelen. In den laatsten toestand groeit het volstrekt niet meer, zoodat het een grove dwaling is, die kleine vliegjes bijv., die ons in warme zomers dikwijls zoo hinderlijk zijn, voor jeugdige vliegen te houden, die mettertijd nog wel tot volwassen vliegen zullen opgroeiën: het is een kleiner soort van dieren.

Wel opmerkelijk is het, hoe in die verschillende toestanden de insecten dikwijls geheel ander voedsel behoeven, en toch zijn het

dezelfde dieren, maar die veelal in die opvolgende gedaanten zeer verschillend bewerktuigd zijn. De maskers hebben meest altijd enkelvoudige oogen, zoo zij in 't geheel oogen bezitten; hun mond is gewoonlijk met hoornachtige haken bij wijze van nijpers voorzien; wélke ook later de bewerktuiging van 't volkomen insect zijn moge, doorgaans zijn zij van zeer gragen en verslindenden aard. Gedurende den tijd, dat de insecten pop zijn, nemen zij in 't geheel geen voedsel tot zich en houden zich doorgaans onbewegelijk. Nu eens is 't het vel der rups, dat zich losgelaten heeft en verdroogt, waarin zij als in een dop zich blijven opsluiten, dan weder is het een dun zakje of huidje, waarmede zij bedekt zijn, hetwelk nauwkeurig op de oppervlakte van hun lichaam past, niet ongelijk aan windsels, vanwaar de naam van pop waarschijnlijk afkomstig is. Alvorens de popwording plaats heeft, spint de rups niet zelden zich in, gelijk van den zijworm overbekend is. Eindelijk komt het volkomen insect uit de pop te voorschijn, dat na korter of langer tijd sterft.

Bij het zoogenoemde oeveraas of haft geschiedt de overgang van pop tot vliegend insect zóó spoedig, dat men het bijna gelijktijdig kruipend en vliegend aantreft. In den laatsten toestand leeft het zeer kort, dikwijls niet langer dan één dag, vermits het doorgaans in het water valt en verdrinkt of een prooi der visschen wordt. Is dat het geval niet, dan kan zijn bestaan zich wel een acht dagen rekken, alswanneer men het duidelijk van ouderdom ziet sterven.

De maskers der muggen leven in het water, en hangen met den staart aan de oppervlakte van het water, om door een ademhalingsbuis op den rug lucht te scheppen, zoodat hun hoofd omlaag gekeerd is. Zij zwemmen schielijk, en vervellen eenige malen, eer zij poppen worden. Deze bewegen zich ook, ofschoon zij niet eten kunnen, en drijven nu recht in het water met het hoofd naar boven, waaraan zich twee pijpjes bevinden, die thans tot de ademhaling dienen. Tusschen die beide pijpjes splijt eindelijk de huid, waaruit dan ten laatste de mug voor den dag kruipt, voorloopig op de poppenschaal als op een schuitje nog een weinig blijft drijven, om, als hare vleugels behoorlijk ontplooid en sterk genoeg zijn, het water te verlaten en verder in de lucht te leven.

Nog verdient een bijzondere vermelding, hoe sommige kruipende diersoorten op jeugdigen leeftijd een geheel verschillende gedaante vertoonen. De kikvorsch bijv. heeft aanvankelijk veel gelijkenis op een vischje, hij kan dan ook niet anders dan in het water leven. Bij een zeer grooten kop heeft hij nog geen ledematen, maar daarentegen een langen platten staart. Vervolgens ontwikkelen zich kieuwen, die naderhand weer afvallen, wanneer er tevens ledematen en longen ontstaan; de staart middelerwijl is al verminderd en eindelijk verdwenen. Terwijl de jonge kikvorsch van plantenvoedsel leefde, is de volwassen vleeschvretend.

Al die gedaantewisselingen zijn ten hoogste merkwaardig.

IX.

Rangschikking der Dieren.

Gelijk bij de planten, is het tot een eenigszins geregeld overzicht der dieren evenzeer noodig, dat men het gelijksoortige bij elkander voegt, en zoo mogelijk te zamen tracht te nemen wat van nature bijeenbehoort. De toepassing van dat beginsel heeft tot een splitsing geleid van geheel het dierenrijk in vier natuurlijke hoofdafdeelingen: GEWERVELDE DIEREN, GELEDE DIEREN, WEEKDIEREN en PLANTDIEREN.

De GEWERVELDE DIEREN, die alle een inwendig beenig geraamte bezitten, zijn wederom in klassen onderscheiden geworden, te weten: in **zoogdieren,** met rood warm bloed, die door longen ademen en levende jongen voortbrengen; **vogels,** ook met rood warm bloed en door longen ademend, maar die eiëren leggen; **kruipende dieren,** met koud bloed, gedeeltelijke bloedzuivering door middel van longen, of longen en kieuwen, en eiërleggend; eindelijk **visschen,** met koud bloed, een aderlijk hart en ademhaling door kieuwen; ook zij leggen eiëren.

De **zoogdieren** worden weer onderverdeeld in orden, als:

Tweehandigen — enkel vertegenwoordigd door den mensch,

waarvan drie hoofdrassen bestaan: het blanke of Caucasische, het gele of Mongoolsche en het zwarte of Aethiopische ras.

Vierhandigen — waartoe alle soorten van apen gebracht zijn.

Handvleugeligen of vledermuizen.

Roofdieren — *egels; spitmuizen; mollen; beren; marteldieren:* das, marter (waartoe de wezel, bunsem en fret behooren), otters; *vingerloopers:* honden (tot wier geslacht de wolf, jakhals en vos gebracht worden), hyaena's en katten (de gewone huiskat, leeuwen, tijgers, panthers, luipaarden, losschen); *robben* of *zeehonden*, en *walrussen.*

Knaagdieren — *eekhoorns:* hieronder behoort ook de marmot; *muizen*: ratten en muizen; *zwempootigen*: de bever; *hazen* (waaronder ook het konijn).

Tandeloozen — *luiaards.*

Herkauwers — onderscheiden in *ongehoornden:* kameel, lama, muskusdier; *halfhoornigen:* de giraffe of kameelpardel; *geweidragers* of *herten* en *holhoornigen*: de gems, geiten, schapen en runderen.

Eenhoevigen — het *paard* (waartoe ook gebracht wordt de ezel).

Veelhoevigen — *borsteldieren:* zwijnen; *slurfdieren:* olifanten; *neushoornigen:* de rhinoceros.

Wallen — walvisschen.

Tot de **vogels** behooren de volgende orden:

Roofvogels — *valken:* daaronder de havik, arend; *giervogels*: de gier; en *uilen.*

Klimvogels — *papegaaiën; koekoekvogels; spechten.*

Roestvogels — *spleetsnaveligen:* zwaluwen; *priemsnaveligen:* kwikstaarten, lijsters, nachtegalen, winterkoningen; *kegelsnaveligen:* meezen, leeuwriken, vinken (waartoe ook de musschen gebracht worden); *grootbekkigen*: spreeuwen, raven.

Hoenderachtige vogels — *hoenders* en *duiven.* Tot de hoenders behooren de patrijs, de kwartel, de kalkoen, het gewone hoen, de fazant.

Loopvogels — hiertoe behooren de struisvogel en casuaris.

Steltloopers — waartoe onder andere gebracht worden: de reiger, ooievaar, kieviten, snippen.

Zwemvogels — de zwaan, gans, eend.

De klasse der **kruipende dieren** bevat:

Schildpadden.

Hagedissen — krokodil, kaaiman.

Slangen.

Kikvorschachtige dieren — *zonder* en *met staart.* Tot de eerste behooren de kikvorschen en padden; tot de laatste de salamanders.

De **visschen** worden in twee hoofdgroepen ingedeeld, beenige en kraakbeenige. Tot de beenige brengt men:

Stekelvinnigen. — *baarzen.*

Weekvinnigen — *zalmen; haringen; snoeken; karpers:* hiertoe behooren ook de voren, zeelt, goudvisch; *kabeljauwen*; *platvisschen:* schol, bot, tongen; *alen.*

Tot de kraakbeenige visschen worden gerekend:

Vrijkieuwigen — *steuren.*

Vastkieuwigen of dwarsbekken — *haaiën* en *roggen.*

De GELEDE DIEREN, die de tweede hoofdafdeeling uitmaken, zijn dieren met gelede ledematen, of met gelede lichamen zonder voeten; hun ontbreekt een inwendig geraamte. Men neemt daarvan de navolgende klassen aan, als: **schaaldieren, spinachtige dieren, gekorven dieren** of **insecten, ringwormen** en **ingewandswormen.**

De **schaaldieren** hebben een kalk-, hoorn-, leder- of vleeschachtige omhulling of schaal; zijn met pooten of scharen toegerust; ademen door luchtbuisjes, en ontstaan alle uit eiëren, die hun kiemvatbaarheid lang behouden. De krabben en kreeften behooren er toe, onder welke laatste ook de garnaal gerekend wordt; voorts de pissebedden.

De **spinachtige dieren** hebben in 't algemeen een zachte huid, die van tijd tot tijd zich vernieuwt, ofschoon zij geen gedaanteverwisseling ondergaan; vleugels bezitten zij niet, wel enkelvoudige oogen; de meesten leggen eiëren, die vele in een zak van spinsel medevoeren.

De **gekorven dieren** of **insecten** zijn kenbaar aan twee groote soms uit vele zeshoekige facetten samengestelde oogen, aan zes gelede pooten, een kop, die altijd los en bewegelijk is; terwijl zij over 't algemeen een droge perkamentachtige huid hebben; alle ondergaan een gedaanteverwisseling, waarbij zij drie toestanden doorloopen, en bijkans alle planten zich voort door eiëren.

Daartoe behooren:

Schildvleugeligen — alle soorten van kevers en torren.

Rechtvleugeligen — *oorwormen; kakkerlakken; sprinkhanen.*

Peesvleugelingen — *glazenmakers* of *juffertjes.*

Schubvleugeligen — alle *dag-; avond-*, en *nachtvlinders;* onder de laatste behooren ook de zijdewormen en motten.

Vliesvleugeligen — *mieren; wespen; bijen.*

Tweevleugeligen — *muggen; vliegen.*

Zuigers — *vlooiën.*

Woekerdieren — *luizen.*

Duizendpooten.

De **ringwormen** bezitten een lang, gestrekt, duidelijk geringd lichaam, een zachte weeke huid en geen gelede pooten, doch instede daarvan vleeschknobbels met borstels, stekels en haren of zuignapjes en gelede draden.

Zij ademen door kieuwen, sommige door longzakken. De kop is zelden duidelijk afgezonderd; vele hebben enkelvoudige oogen. De meeste leggen eiëren; eenige brengen levende jongen voort, andere vermenigvuldigen zich door deeling.

Daartoe behooren: *de aardwormen* (waartoe de gewone pier gebracht wordt); *de bloedzuigers.*

De **ingewandswormen** komen onder zeer verschillende vormen voor; zij leven enkel in het lichaam van andere dieren, meestal in het darmkanaal, sommige in de lever, andere in de spieren, enz.

Hiertoe behooren de gewone en de breede lintworm, die beide bij den mensch worden aangetroffen.

Een derde hoofdafdeeling bevat de WEEKDIEREN. Deze zijn volledige bewerktuigd dan het schijnt. Immers zij bezitten een darm met kronkels, een tamelijk groote lever en bloedvaten, waarin het blauwachtig witte bloed gestuwd wordt van uit een hart. Instedevan longen hebben zij dunne kieuwplaten of takken, of wel vaatrijke longholten. Hun huid is week en slijmig en heeft veelal een eigenaardige plooi, waardoor zij het lichaam geheel of gedeeltelijk nog eens bij wijze van een mantel of zak omhult. De zoogenaamde naakte weekdieren missen dien mantel. Trouwens aan de buitenzijde er van scheidt zich een

hoornachtig bekleedsel af, dat kalkdeelen opneemt en tot een schaal verhardt, zoodat zulk een mantel tot de vorming van schalen dient. Van binnen zijn daartegen aangehecht de spieren, door wier samentrekking de tweekleppige schalen zich sluiten, alsmede de uitstekende voet of de spier met behulp waarvan het dier zich iet of wat kan voortbewegen. Daartoe behooren de slakken, oesters, mosselen.

In de vierde hoofdafdeeling van het dierenrijk, ZOÖPHYTEN of PLANTDIEREN, zijn die schepselen bijeengebracht, wier bewerktuiging het minst volledig is. De lichaamsdeelen, instedevan, gelijk bij de meer volkomen dieren, paarswijze aan weerszijden van een overlangsch vlak zich te bevinden, groepeeren zich hier om een as of om een middelpunt. Zintuigen neemt men er bijna niet aan waar; zenuwen bezitten zij niet of nauwelijks, zoodat men zeer vele hunner haast voor planten en niet voor dieren zou houden, vanwaar de benaming. Daartoe behooren: de zeesterren, de kwallen, de koraaldieren.

TIENDE AFDEELING.

De Aarde als geheel.

I.

De vorm der Aarde.

Als wij ons in 't open veld bevinden in een streek zonder heuvels, dan zouden wij bijna meenen, dat de oppervlakte der aarde een plat vlak zijn moest. Een weinig opmerkzaamheid en nadenken brengt ons echter daarvan terug. De omstandigheid toch dat, bijv. aan het strand der zee, van een naderend vaartuig aanvankelijk de top van den mast, vervolgens de geheele mast, en eindelijk eerst het lichaam van het schip zichtbaar worden, is met de vermeende platheid der aarde onvereenigbaar. In dit geval toch zou, zoodra de verminderde afstand ons in staat mocht stellen eenig voorwerp behoorlijk te onderkennen, dat voorwerp in zijn geheel zich aan onzen blik moeten vertoonen, in plaats van langzamerhand als uit de diepte schijnbaar op te komen. Dat daarentegen de aardoppervlakte een bolle ronding heeft, is geen willekeurige onderstelling, 't is hetgeen wij met onze oogen zien, als wij ons verstand maar gebruiken. Zeker mag het ons wel een weinig bevreemden, dat het juist de zee is waaraan wij die ronding der aarde het gemakkelijkst waarnemen, terwijl wij geneigd zouden zijn

haar althans daarvan uit te sluiten. Wij zijn namelijk gewoon deze als een volkomen plat vlak te beschouwen, doordien de kleine oppervlakten water, die wij gemeenlijk overzien, zich als volkomen vlak voordoen. Maar een zeer klein gedeelte van een gebogen oppervlakte kan zoo geringe kromming hebben, dat het van een plat vlak op het gezicht niet te onderscheiden is. Het bezwaar wordt dus gereedelijk uit den weg geruimd, als wij in aanmerking nemen, dat het juist de uitgestrektheid der zee is, die hier de ronding in het oog doet vallen. Bovendien staat onze waarneming niet op zich zelve, maar zij wordt door andere verschijnselen gesteund en bevestigd. Als bijv. bij een maansverduistering de maan in de schaduw onzer aarde treedt, dan blijkt het, dat die schaduw altijd rond is, iets dat niet het geval zijn kon, als de aarde een platte schijf ware, of men moest daarbij nog aannemen, dat zij altijd een bijzonderen stand ten opzichte van de zon behield, dat tot nieuwe bezwaren aanleiding zou geven in verband met hetgeen wij later zien zullen.

Laat men op het vlakke veld of op zee den blik vrij in het rond weiden, dan vindt men zich als geplaatst in 't midden van een kring, welks omtrek de grens uitmaakt tusschen het zichtbare en hetgeen door de ronding der aarde verborgen blijft; dien kring noemen wij gezichteinder of horizon. Kiest men een standpunt dat boven den grond verheven is, dan wordt de kring grooter, onze horizon verwijdt zich; immers wij zullen verder kunnen zien. Die gezichteinder vertoont zich overal op aarde als een cirkel, en dat doet ons reeds vermoeden, dat de kromming onzer aarde, wáár men zich ook bevinden mag, naar alle kanten in het rond, nagenoeg althans, gelijkmatig is; zoo toch het tegendeel waar was, dan moest de horizon soms een andere kromme lijn zijn. De gedaante der aarde schijnt dus die van een bol te zijn. Hare volkomen bolvormigheid kunnen wij echter op het gezicht niet wel beoordeelen. Wie toch zal durven bepalen, gesteld dat zijn oog tot aan de uiterste grens van het zichtbare reikte, of hij in alle richtingen om zich heen juist even ver ziet, en 't is klaar, dat een klein verschil in kromming den eenen of anderen kant uit, hetwelk, op den geringen afstand, dien wij gelijktijdig vermogen te overzien, niet eens merkbaar ware, bijaldien het

verder bleef bestaan, een belangrijke afwijking van de bolvormige gedaante zou moeten teweegbrengen. Nauwkeurige metingen kunnen derhalve alleen dat punt beslissen.

Dat intusschen het oog ons niet bedriegt, in zoover het aan onze aarde een gekromde in zich zelve wederkeerende oppervlakte toekent, is door zeereizigers bevestigd geworden. Men is van Europa uitgezeild, al westelijk op, en men is eindelijk teruggekomen op de plaats vanwaar men was uitgegaan. De eerste reizigers, die op deze wijs den aardbol omzeild hebben, waren het scheepsvolk van MAGELLAAN in den jare 1520; hij zelf had vóór het einde van den tocht, op een der Philippijnsche eilanden, den dood gevonden. Zulke reizen bewijzen echter de doorgaande rondheid der aarde enkel in de richting, waarin elke reis volbracht wordt, en ten onrechte zou men er uit besluiten, dat de aarde in alle richtingen ronding heeft, zoolang men ze nog niet in alle richtingen omgetrokken is. Een zuiver gedraaide rol of cylinder toch kan men op velerlei wijzen rondgaan, ofschoon zij in een bepaalde richting rechtlijnig is, en dus in 't geheel geen kromming heeft.

II.

Meting van den Aardbol.

Alleen door meting kan de gedaante der aarde nauwkeurig gevonden worden. Een bol heeft de kenmerkende eigenschap, dat alle rechte lijnen, die wij ons van een punt op het oppervlak, dwars door het inwendige van den bol heen, naar het juist tegenovergestelde punt voorstellen kunnen, even lang zijn. Ware men dus in staat de lengte van verschillende zoodanige middellijnen werkelijk te meten, zoo zou het kunnen blijken of de aarde inderdaad een bol is. Die meting, gesteld het wierd alzoo bevonden, zou ons tevens de grootte van den aardbol doen kennen. De lengte toch der middellijn van een bol is voldoende om daaruit zijn omvang, de grootte van zijn opper-

vlak, en zelfs de door den geheelen bol ingenomen ruimte te berekenen.

Doch het is duidelijk, dat rechtstreeks meten hier onmogelijk is, reeds daarom alleen, omdat zulk een middellijn binnen in de aarde gelegen en dus ontoegankelijk is; 't is trouwens ook niet noodig. Trekken wij in de gedachte over het oppervlak een lijn, die van zeker punt te beginnen, zonder ergens ter zijde uit te wijken, altijd in een zelfden zin voortgaat, dan kan, in de onderstelling van een bol, die lijn niet anders dan een cirkelomtrek zijn, welks middellijn tevens een der middellijnen van den bol is. Nu weet men van elders, dat altijd een cirkelomtrek iets meer dan 3.1415926 malen de lengte van zijn middellijn bedraagt. Het kwam er dus maar op aan, om gezegden cirkelomtrek op het oppervlak der aarde te meten. Ofschoon die nu in 't algemeen niet ontoegankelijk is, zoo gevoelt men toch dat de rechtstreeksche meting van een geheelen omtrek der aarde evenzeer een onbegonnen werk zijn zou, ook al kon zij te land en te water, door hoogten en over diepten heen, volbracht worden. Gelukkig dat men kan volstaan met enkel de lengte van een gedeelte des cirkelomtreks te bepalen, mits men maar wete het hoeveelste gedeelte van den ganschen omtrek de gemeten cirkelboog uitmaakt; dan toch geeft een eenvoudige evenredigheid het geheel. 't Is op die wijze inderdaad, dat men ten naaste bij de grootte van den omtrek, en bijgevolg van de middellijn der aarde, gevonden heeft. In een vlakke streek lands, waar men vele uren ver zien kon, werd een lijn afgebakend, die juist van het noorden naar het zuiden liep, de lengte dier lijn werd met een bekende maat gemeten, en tevens bepaalde men het hoeveelste gedeelte van den geheelen cirkel men opgemeten had; 't geen met de meeste nauwkeurigheid, door middel van sterrekundige waarnemingen, geschieden kan. Het bleek alzoo, dat een boog van één graad 57024.635 toises of maten van zes Parijsche voeten lang was. De navolgende evenredigheid. 1 : 360=57025.635: omtrek, gaf derhalve voor den geheelen omtrek 20,528868.6 toises.

Onderscheiden zoodanige graadmetingen zijn in 't werk gesteld geworden. De onderlinge vergelijking der uitkomsten heeft geleerd, dat de verschillende daaruit afgeleide omtrekken niet even groot zijn. De aarde is dus overal, waar men ze opmat, niet even sterk gekromd, en

derhalve geen volkomen bol. De kortste A B (Fig. 36) van hare middellijnen is omstreeks $^1/_{300}$ kleiner dan de langste. Van deze kortste af nemen de middellijnen in lengte toe, naargelang zij schuiner ten aanzien van A B staan, en de langere zijn juist die middellijnen (C D, E F), wier stand rechthoekig ten opzichte van A B is. Deze laatste zijn alle even lang bevonden, zoodat de omtrek C E D F streng genomen een cirkel is, 't geen het geval niet is met eenigen anderen omtrek. De kleinste omtrekken, die namelijk, welke door de uiteinden A en B der kortste middellijn gaan, heeft men tot grondslag doen dienen van een nieuw maat- en gewichtstelsel. Daarbij heeft men het veertigmillioenste deel van zulk een omtrek, groot 20522960 toises, dus een lengte van 0.513074 toises, tot nieuwe eenheid van maat genomen, en, eerst in Frankrijk, naderhand ook bij ons te lande, onder den naam van meter of Nederlandsche el, ingevoerd. Later is gebleken, dat de omtrek te klein bepaald geworden was, en dat dus de M. eigenlijk geen veertigmillioenst deel daarvan is. Men zou bijgevolg, wilde men die betrekking behouden, de lengte der el vannieuws moeten veranderen. Daar dit echter tot groote verwarring aanleiding zou geven, zoo laat men haar liever gelijk zij thans is. Men houde evenwel in het oog, dat van de bestaande M. 40003423 en niet juist 40000000 op bewusten omtrek begrepen zijn. Beschouwt men dezen als een zuiveren cirkel, waarvan hij toch niet veel verschilt, dan verkrijgt men voor de lengte zijner middellijn $\frac{40003423}{3.1415\grave{e}26} = 12733491$ M. De kortste middellijn (A B) is natuurlijk kleiner, te weten 12712159, de langste (C D of E F) grooter, namelijk 12754795 M.

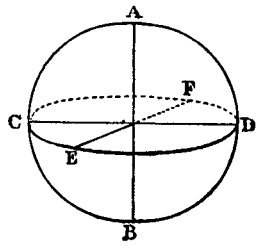


Fig. 36.

De aarde heeft dan den vorm van een bol, die in de richting A B ingedrukt of afgeplat is, en wel ter waarde van een betrekkelijk zeer kleine hoeveelheid, immers maar $\frac{1}{300}$. Nemen wij echter voorwerpen en afstanden op het oppervlak der aarde tot punten van vergelijking, dan is de hoeveelheid der afplatting zeer aanmerkelijk. De plaats A

toch is dichter bij het middelpunt der aarde dan eenige plaats aan den omtrek CEDF, ter waarde van 21318 M.; de hoogste berg dien wij tot nu toe kennen, de Kinchinjunga in Tibet, heeft daarentegen niet meer dan een hoogte van 8592 M. Ware die berg juist bij A gelegen, dan zou men op zijn top toch nog 12726 M. dichter bij het middelpunt zijn, dan of men zich ergens op den cirkel CEDF aan het oppervlak der zee bevond. Men ziet hieruit, dat alle ongelijkheid op het oppervlak der aarde, door bergen en dalen veroorzaakt, te gering is om in hare gedaante onregelmatigheid van eenige beteekenis teweeg te brengen; de hoogste berg toch is in verhouding tot den aardbol nauwelijks meer dan een uitstek van één m.M. hoogte op een bol van anderhalve M. middellijn. De korste middellijn der aarde AB noemt men, om nader te melden redenen, de as der aarde; hare uiteinden A en B de aardpolen; de omtrekken, die over de polen A en B heengaan, middagcirkels, en de cirkel CEDF, die de grootste middellijn heeft, en op welks vlak de as der aarde loodrecht staat, heet de evenaar of aequator, ook wel de linie.

III.

Gevolgen van de rondheid der Aarde.

Als wij onze kennis, dat de aarde rond is, in verband brengen met hetgeen wij vroeger omtrent het vallen gezien hebben, dan krijgen wij aanleiding om merkwaardige gevolgtrekkingen te maken. Het blijkt dan, dat als menschen, dieren of voorwerpen in het gemeen op twee verschillende punten der aarde rechtop staan, hun standen inderdaad onderscheiden richtingen hebben. Wij zeggen immers, dat een voorwerp rechtop geplaatst is, als het naar geen kant overhelt, als het de richting heeft van een vrijhangend peillood, dus als zijn stand met de waterpasvlakte even groote hoeken maakt. Nu gaat voor een bol, en dus ook nagenoeg voor de aarde, zulk een richting altijd door het middelpunt. Met andere woorden: stellen wij ons gelijktijdig op verschillende punten der aarde vrijhangende loodlijnen

voor, en verlengen wij die in onze verbeelding, dan scheelt er niet veel aan, of zij ontmoeten elkander alle in het middelpunt. Indien het mogelijk ware, recht naar beneden diepe putten te graven tot in het hart der aarde, en men deed dit aan verschillende, zelfs ver van elkander gelegen oorden, zoo zouden die putten alle omstreeks dat middelpunt uitkomen. Bepaaldelijk zijn er plaatsen op aarde, die juist tegenover de woonplaats van een ieder onzer gelegen zijn; aldaar staan dus de menschen met opzicht tot ons waterpasvlak omgekeerd, zij heeten daarom onze tegenvoeters. Andere aardbewoners, die zich even ver van hen en van ons bevinden. hebben, als zij rechtop staan, een richting, die bij ons zoowel als bij onze tegenvoeters de waterpasse richting of die van een liggend voorwerp is.

Doch hoe is het mogelijk, vraagt men, dat levende wezens en voorwerpen, die niet aan den grond vastgehecht zijn, zulk een 't onderst boven gekeerden of waterpassen stand kunnen aannemen, zonder van de aarde af te vallen? Deze vraag is niet onnatuurlijk, omdat wij gewoon zijn waar te nemen, dat een vrijvallend lichaam zich in de richting van ons hoofd naar onze voeten, als wij staan, beweegt, totdat het tegen den grond stuit. Oppervlakkig besluiten wij daaruit, dat ook elders een lichaam, als het valt, in dezelfde richting zich zal bewegen; maar wij moesten bedenken, dat wij zoo doende van een onderstelling uitgaan, die ten eenenmale onjuist is. De meening toch, dat alle lichamen zonder onderscheid, als zij niet worden vastgehouden, in een zelfde richting zouden moeten vallen, is geheel uit de lucht gegrepen. De waarneming daarentegen leert ons, dat overal een vrij lichaam naar de aarde toe valt. De valrichtingen mogen dus maar op zeer nabij elkander gelegen plaatsen als dezelfde aangemerkt worden. Dat het ons in 't eerst eenige moeite kost dit toe te stemmen, is een gevolg daarvan, dat wij niet dan zeer dicht bij elkander geplaatste lichamen gelijktijdig kunnen zien vallen, of dat wij de richtingen van een paar vrijhangende loodlijnen dan alleen onderling vergelijken, als zij op een afstand van elkander hangen, waarvan de grootte bij de afmetingen van den aardbol in geen aanmerking komen kan.

Het bovenstaande verspreidt eenig licht omtrent de oorzaak van

het vallen. Overal gaat een vallend lichaam naar de aarde toe. Wij zien daaruit, dat die oorzaak in de aarde moet huisvesten; dat de aarde de buiten haar geplaatste lichamen naar zich toe trekt. Hoe dat recht geschiedt, daarmede blijven wij echter even onbekend als te voren. Dat het geen trekken is, gelijk wij doen als wij een lichaam, dat aan het eind van een touw bevestigd is, naar ons toehalen, spreekt wel van zelf; men pleegt dat woord hier enkel te gebruiken om te kennen te geven, dat de lichamen zich even zoo naar de aarde heen bewegen, alsof zij op dergelijke wijze werden aangetrokken. Er is trouwens nog een punt van vergelijking. Wij hebben vroeger gezien, dat om een touw enkel te spannen, er aan weerskanten evenveel getrokken moet worden. Iets dergelijks heeft ook hier plaats. Niet alleen valt het lichaam naar de aarde, de aarde valt weerkeerig ook naar het lichaam. Wij moeten ons de zwaartekracht niet voorstellen als een kracht, die letterlijk en bij uitsluiting in het middelpunt der aarde huisvest; dan toch zouden de voorwerpen alle juist naar het middelpunt, en niet volgens de loodlijn vallen. Alle stofdeelen trekken elkander aan met een vermogen, dat met de afstanden afneemt, en wel volgens de vierkanten dier afstanden vermindert, evenals de verlichting van een vlakje door een zelfde lichtbron. Eenig lichaam, dat valt, al is het nog zoo groot, is toch ontzettend klein in vergelijking van den ganschen aardbol, waar het heen valt. Vandaar dat, ofschoon het wederkeerig op de geheele aarde dezelfde trekking uitoefent als het van haar ondervindt, de verplaatsing der aarde toch volstrekt onmerkbaar zijn zou, ook al ware die waarneming door de samengesteldheid van het verschijnsel niet met onoverkomelijke zwarigheden verbonden.

't Is klaar, dat als de aarde eens niet meer aanwezig ware, geen lichaam vallen zou, tenzij er andere lichamen bestonden, die dergelijk een aantrekking daarop uitoefenden. Zulke lichamen intusschen bestaan er inderdaad, de zon bijv., waar onze aarde, met al wat er op en in is, gezamenlijk naar toe valt, zoodat wij er ten langen laatste op terecht zouden komen, bijaldien de aarde niet nog een andere voortgaande beweging bezat, doch hiervan nader. Dat nu geen voorwerp van onze aarde af, en naar die lichamen heenvalt, moet daaraan voornamelijk worden toegeschreven, dat onze aardbol zelf, gelijk

gezegd is, niet minder dan de op haar vallende voorwerpen de aantrekkende werking der bedoelde lichamen ondervindt.

Wat nu omtrent het vallen in het algemeen aangemerkt is geworden, dat geldt evenzeer van de zee. Deze bedekt twee derde gedeelten van het oppervlak der aarde, en omringt alzoo grootendeels den aardbol. Wel bestaat zij uit losse waterdeelen, maar deze hebben even als vaste lichamen de eigenschap van te vallen, en juist daarom zullen zij, in weerwil van de rondheid der aarde, overal op haar oppervlak verblijven.

IV.

Vervolg. Vorm en Hoogte van den Dampkring.

Boven land en zee treffen wij gelijkelijk lucht aan, die wij weten dat mede zwaar is. Uit het aangevoerde volgt dus insgelijks, dat door de werking van dezelfde zwaartekracht de aarde rondom van lucht omgeven en daarin als gehuld is. Dat geheele luchtstelsel duidt men aan met den naam van dampkring. Geenszins echter wil men daarmede te kennen geven, dat het voornamelijk uit waterdamp bestaat. Immers wij weten reeds, dat zijn hoofdbestanddeelen eigenlijke luchtsoorten zijn, zuurstof namelijk en stikstof en dat er maar voor een klein gedeelte waterdamp in voorhanden is. Wáár ergens men de dampkringslucht ook onderzocht heeft, steeds heeft dat onderzoek tot de eigen uitkomst geleid, en heeft men altijd dezelfde samenstelling teruggevonden.

Als wij ons op het vrije veld of op een hoogte bevinden, en boven en om ons heen zien, dan komt de lucht ons niet als een omhulsel van geheel den aardbol, maar veeleer als een hoog koepeldak voor, dat met zijn onderrand op den gezichteinder rust. Dat dit echter niets anders dan schijn kan zijn, spreekt bijna van zelf; immers dan zouden wij dien rand, door ons derwaarts te begeven, moeten kunnen bereiken; maar hoe ver wij ook reizen, altijd welft de lucht zich op dezelfde wijze over onze hoofden, altijd worden wij op dezelfde wijze

er door omringd. Vanwaar dan dat voorkomen? 't Is omdat de lucht niet volkomen doorschijnend is, zoodat onze blik maar tot zekere verte er in doordringen kan. Bespeuren wij niet iets dergelijks, maar veel sterker nog, als wij in den dauw loopen? Onmiddellijk om ons heen zien wij geen dauw, maar eerst op zekeren afstand rondom ons, waar hij ons gezicht beperkt. En toch overtuigd ons het vochtig worden onzer kleederen, dat hij ons inderdaad van nabij umringt. Begeven wij ons naar de plaats, waar hij zich dik en zwaar vertoont, dan is hij, als wij er gekomen zijn, schijnbaar weer verdwenen, terwijl wij hem nu achter ons ter plaatse, die wij verlaten hebben, waarnemen. Strekte de dauw zich even zoo naar boven uit als hij naar alle kanten bezijden ons doet, dan moest hij in 't klein juist dergelijk een gewelf vormen voor onze waarneming als de dampkring in 't groot vertoont.

Dat de lucht, die onzen aardbol omgeeft, evenmin daarvan af kan vallen als het water op zijn oppervlakte, is ons begrijpelijk geworden; maar wij hebben gezien, dat de lucht een zeer veerkrachtig lichaam is, dat zoodra het daartoe maar gelegenheid vindt, zich over een grootere ruimte tracht uit te breiden. Hoe is dit overeen te brengen met een luchthulsel, dat van de aarde, die het als een kern omvat, niet afvliegt?

Om dit voldingend te verklaren, zouden wij met al de bijzonderheden van de gesteldheid der luchtlagen op onderscheiden hoogten boven den waterspiegel der zee bekend moeten zijn, waartoe een genoegzaam aantal waarnemingen ten eenenmale ontbreekt. Op gronden van waarschijnlijkheid evenwel, kunnen wij ons daarvan, met behulp van het weinige, dat de ervaring ons heeft doen kennen, toch een voorstelling maken. Dat, naarmate wij ons hooger begeven, de dampkring een mindere drukking uitoefent, leert ons de stand des barometers, als wij dien in verschillende lagen waarnemen. Indien wij het kleine aandeel, dat de, in de lagere gewesten althans, voorhanden waterdamp, waarvan de spanning door middel van afzonderlijke toestellen bepaald en in rekening gebracht kan worden, aftrekken, is de overblijvende drukking niet anders dan het gewicht der geheele kolom lucht boven de laag, waarin wij zijn. Door hare dichtheid op

onderscheiden hoogten, te onderzoeken en te vergelijken met de drukking, die zij aldaar van de bovenliggende lagen ondervindt, heeft men bevonden dat hetgeen van besloten lucht geleerd is, ook van toepassing is op vrije lucht; dat namelijk hare dichtheid bij een zelfde temperatuur evenredig is aan de drukking der luchtmassa, die er boven staat. Als die wet voor alle hoogten bleef doorgaan, dan zou daaruit volgen, 'twelk hier niet wel voor nadere verklaring vatbaar is, dat de dampkring een oneindige uitgestrektheid moest hebben, en dus eigenlijk geen bepaald hulsel kon uitmaken. Dit is echter niet aannemelijk; dan toch zou er van die lucht in de nabijheid der maan bijv. door dat hemellichaam aangetrokken en verdicht worden, en de sterrekundigen moesten van zulk een dampkring der maan iets ontwaren, dat het geval niet is. Maar men heeft ook werkelijk bevonden, dat die wet niet algemeen doorging; men heeft waargenomen, dat bij aanmerkelijke hoogte, de dichtheid der lucht minder spoedig afneemt, dan de spanning of drukking door den barometer aangewezen, waaruit de mogelijkheid voortvloeit, dat er een uiterste grens bestaat, waar de lucht nog eenige dichtheid, hoe gering dan ook, bezit, en hoegenaamd geen veerkracht meer openbaart, zich dus gedraagt als een ontzettend dunne, niet verdampende vloeistof. Voor zulk een onderstelling bestaat te meer reden, daar de koude in die hoogere gewesten zeer aanmerkelijk zijn moet, 'tgeen men kan afleiden uit de voortdurende vermindering van temperatuur, die men waarneemt, als men zich van den beganen grond opheft. Bij gelegenheid van een luchtreis per ballon, had men op een hoogte van bijna 7000 M. een koude van $9\frac{1}{2}$ graad onder nul op een honderddeeligen thermometer, die beneden, met het oppervlak der zee gelijk, $30\frac{3}{4}$ graden aanwees.

Van vorenstaande onderstelling uitgaande, heeft men getracht de hoogte van den dampkring te berekenen. Wijders heeft ook de schemering gediend, om tot een schatting te geraken van de grootste hoogte, waarop de dampkring nog licht terugwerpt. De slotsom van die onderscheiden berekeningen is deze, dat bijaldien men ongeveer 60000 M. voor de hoogte des dampkrings houdt, dit nog lang geen tweehonderdste gedeelte van eenige middellijn der aarde bedraagt.

V.

Verschijnselen in den Dampkring. Wind.

De voorstelling, die wij ons tot nu toe van den dampkring gemaakt hebben, betrof zijn evenwichtstoestand; maar de dagelijksche onder vinding leert ons, dat daarin onophoudelijk bewegingen plaats grijpen. Wij duiden die met één woord aan, door te zeggen: „het weder verandert," een zeer onbepaalde uitdrukking, daar zij ons in de onzekerheid laat omtrent den aard der zeer verschillende verschijnselen, die daarmede bedoeld worden, als daar zijn: wind, temperatuursverandering, helderheid of betrokkenheid der lucht, regen of droogte en meer. Wij willen de voornaamste daarvan opzettelijk en in verband met elkander overwegen.

Het verschijnsel, waarover wij het eerst spreken zullen, is de wind. Wind beteekent niet anders dan luchtstrooming: „er is veel wind," of: „het waait hard," wil eenvoudig zeggen, dat de lucht in snelle beweging is. Nergens is de lucht ooit een oogenblik in volkomen rust, en 't mag een zeldzaamheid heeten, als ook de lichtst beweegbare voorwerpen, de bladeren van den populierboom bijv., zich weinig of niet verplaatsen. Zoowel het gevoel van ons eigen lichaam, als rook, wolken of andere lichte voorwerpen, kunnen ons van het bestaan van wind getuigenis geven; terwijl zij er ons tevens de richting van aanwijzen, welke, gelijk bekend is, genoemd wordt naar die streek van den gezichteinder vanwaar de luchtstroom komt. Een wind kan soms enkel in de boven- of enkel in de benedenlagen van den dampkring waaien; niet zelden ook heerschen er vlak boven elkander verschillende winden in tegenstrijdige richtingen. Behalve de richting komt nog de snelheid van den wind in aanmerking. De spoed, waarmede de lucht verplaatst wordt, laat zich niet onmiddellijk meten, daar men de luchtdeeltjes niet zien kan. Zwevende lichaampjes, die gemakkelijk in beweging gezet worden en weinig wrijving geven, bijgevolg ondersteld kunnen worden zich genoegzaam even snel als de lucht, die ze medevoert, te verplaatsen, worden in stede daarvan waargenomen. Op een plaats, waar men zich met de omrin-

gende hoofdpunten, als gebouwen, schoorsteenen, torens, boomen, wat hun afstanden betreft, nauwkeurig bekend gemaakt heeft, is rook bij uitnemendheid geschikt om de snelheid van den wind te meten. Bij hooger winden kan men zich ook van de wolken te dien einde bedienen, ofschoon dat lang zoo zeker niet gaat, aangezien daartoe de afstand waarop deze van ons zijn, en dus hare hoogte, geschat moet worden, met zorgvuldige inachtneming tevens van de richting des winds. De noodzakelijkheid daarvan zal men terstond inzien, als men zich maar eens voorstelt dat men de snelheid van een ruiter wilde beoordeelen, op een uitgestrekte onbekende heide. Immers op hoe verder afstand hij zich van ons bevindt, en hoe meer hij op ons aankomt of van ons afgaat, met des te minder spoed zal hij zich schijnbaar bewegen.

Met den wind staat verandering in luchtdrukking in nauw verband. Luchtstroomen toch kunnen niet ontstaan, dan doordien hier of elders een luchtverdunning plaats vindt, waardoor het evenwicht verbroken wordt, 't welk vervolgens door nieuwen toevoer hersteld wordt, niet zelden met zulk een drift, dat er nu samenpersing en verdichting van lucht op volgt. Zoo neemt men dan ook gewoonlijk als voorbode van een storm een lagen barometerstand waar, die, nadat de storm is uitgebroken, weer hooger wordt.

Daar voor het overige de lucht in gestadige beweging is, zal ook de kwikkolom nooit geheel in rust zijn, daarenboven een meer of min regelmatige rijzing en daling vertoonen, die afhankelijk is van de beurtelingsche verwarming en bekoeling der verschillende plaatsen op aarde. Want dat in temperatuursverandering de voorname oorzaak der winden gezocht moet worden, vermoeden wij reeds. Wij willen thans die oorzaak van wat naderbij opsporen, en ons in de eerste plaats met zulke luchtstroomingen bezig houden, die wegens de groote standvastigheid, die ze kenmerkt, daartoe de meeste aanleiding geven; wij bedoelen de zoogenoemde passaatwinden en moussons.

't Is bekend, dat aan den evenaar der aarde zoowel de vaste grond als de zee en de lucht veel warmer zijn dan op een afstand benoorden of bezuiden, en dat die warmte van den evenaar af naar beide polen allengs afneemt. De lucht boven de linie wordt daardoor gedurig uitgezet en rijst omhoog, en als nu de koudere lucht gestadig

naar den evenaar toestroomt, om de ruimte, die de opstijgende warme lucht verlaten heeft, weder aan te vullen, dan moet er in het noordelijk halfrond een noordenwind ontstaan, in het zuidelijk halfrond daarentegen een zuidenwind. Wat heeft nu de waarneming daaromtrent geleerd? De zeevarenden hebben inderdaad gevonden, dat als men, hetzij op den Atlantischen of op den Grooten oceaan, binnen de keerkringen komt, er een wind wordt aangetroffen, die onveranderlijk in dezelfde richting waait, en wel in het noordelijk halfrond een noordoostenwind, in het zuidelijke een zuidoostenwind; dit zijn namelijk de passaatwinden. Op beide die oceanen vinden wij dus luchtstroomen, die van beide zijden naar den evenaar, dat is naar de warmste plaats, heen bewegen, en dus in zoover overeenstemmen met hetgeen wij verwachtten; hun richting heeft intusschen ook eenige streken van het oosten, waarvoor een andere voldoende reden bestaat,die later ter sprake zal komen.

In de Indische zee heeft men mede een groote bestendigheid opgemerkt ten aanzien van de richting des winds, maar geen onveranderlijkheid, zooals op de genoemde oceanen. Daar waait namelijk de wind gedurende zes maanden van het jaar uit een zelfden hoek, gedurende de overige maanden in juist tegenovergestelde richting; deze jaarlijks eenmaal afwisselende winden heeten moussons. In het westelijk gedeelte der Indische zee heeft men in den zomer den zuidwest-mousson, in den winter den noordoost-mousson; in het oostelijk gedeelte zijn de windrichtingen meer vlak zuid en noord. Op Java onderscheidt men een zuidoost- en een noordwest-mousson; in 't algemeen is de richting in die maanden, waarin men in het noordelijk halfrond zomer heeft, van het zuiden naar het noorden, in de andere maanden van het noorden naar het zuiden. Ook de moussons zijn luchtstroomen, veroorzaakt door ongelijke verwarming van onderscheidene deelen des dampkrings, en zij worden ons verklaarbaar, als wij bedenken, dat bij gelijke beschijning door de zon, land veel warmer wordt dan water, ten gevolge waarvan zelfs land dat verder van de linie af ligt, het in dat opzicht dikwijls wint van een naderbij gelegen zee; zoo wordt de Indische zee, ofschoon dichter bij den evenaar liggende, in den zomer minder verhit dan het noordelijker gelegen vasteland van Azië; in dat jaargetijde stroomt dus daar de lucht niet naar den evenaar toe, maar

daarvan af naar Azië; in den winter daarentegen koelt ook het land veel meer af dan het water, en is dus de lucht boven de Indische zee de meest verwarmde; bovendien worden dan het vasteland van Australië en van zuidelijk Afrika sterk verhit, en beide deze oorzaken tegelijk doen derhalve de lucht van het kouder Azië naar warmer zuidelijke streken toevloeiën.

Nog blijkt het gestelde uit een andere soort van winden, die, vooral in de warme luchtstreken, in de nabijheid van kusten worden waargenomen. Daar is namelijk overdag een wind, die van de zee naar het land waait, gedurende den nacht een wind, die van het land naar de zee waait, en deze zee- en landwinden wisselen elkander geregeld in elk etmaal af. Op de reede van Batavia bijv. heeft men doorgaans des morgens vóór 10 uren windstilte; dan begint de zeewind, die zich eerst op het land doet gevoelen en daarna ook op zee begint te waaien; des middags te 2 à 3 uren waait hij het hardst, hij verslapt dan weder en wordt tegen zonsondergang, dus omstreeks 6 uren des namiddags, vervangen door den landwind. Het ontstaan van die winden is eveneens als dat der moussons te verklaren: des daags wordt het land veel warmer dan de zee; de lucht boven het land zet zich dus meer uit, rijst omhoog, en van onderen neemt minder warme lucht, dat is die welke op de zee rust, hare plaats in; maar omgekeerd koelt des nachts het land, en dus ook de daarop rustende lucht het meest af; die boven de zee is het warmst, en vandaar de toestrooming van het land naar de zee.

In Europa zijn de bewegingen in den dampkring niet aan vaste richtingen verbonden, zooals in de landen tusschen de keerkringen. Wij nemen winden van allerlei richtingen waar in allerlei tijden van het jaar en op alle uren van den dag; het is ons ook niet mogelijk aan te wijzen, door welke oorzaken elk dier winden wordt teweeggebracht; dat warmte intusschen ook daar de hoofdoorzaak is, is zeer waarschijnlijk, maar het is ons niet wel doenlijk hier de gronden voor die waarschijnlijkheid uiteen te zetten. Verder is het duidelijk, dat de richting van den wind veranderen moet, als de lucht in hare beweging stuit tegen hoogten, en dat dus boven het vasteland, die richting aan vele veranderingen moet onderhevig zijn; evenals wij zulks aan een waterstroom zien, die, wanneer hij beletselen vindt,

een aantal stroomen in geheel andere richtingen doet ontstaan. De in verschillende richtingen waaiënde winden onderscheiden zich intusschen van elkander door kenmerken, die hier niet onvermeld mogen worden gelaten. Vooreerst: niet alle winden waaiën even dikwijls; in Nederland en in een groot gedeelte van Europa zijn het zuidwesten-, westzuidwesten- en westenwinden, die het menigvuldigst voorkomen, terwijl oosten- en zuidoostenwinden het zeldzaamst zijn, en dit is ook het geval in die deelen van Azië en Noord-Amerika, die tot de gematigde luchtstreek behooren. Ten andere brengen de zuiden- en westenwinden, zooals bekend is, ten onzent warme lucht aan, hetgeen een noodzakelijk gevolg daarvan is, dat de lucht daar ter plaatse, vanwaar zij komt, warmer is dan bij ons. De noorden- en oostenwinden daarentegen voeren koude lucht aan, en om een soortgelijke reden. Met de oostenwinden is dit intusschen enkel in den winter het geval; in den zomer is het daarentegen dikwerf zeer warm, als er oostenwind waait. Waarom dit zoo is, blijkt uit het vroeger gezegde: de oostenwind komt van het vasteland van Europa naar ons toe; en in den zomer wordt het land meer verwarmd dan de zee. De noordenwind maakt voor genoemd saizoen geen uitzondering, die brengt ons altijd koude lucht aan. Is deze verklaring juist, dan moeten de winden in andere landen andere eigenschappen hebben dan bij ons; aan de oostkust van Noord-Amerika brengt dan ook des zomers de westenwind warmte, de oostenwind koelte aan. Zoo ook is in het zuidelijk halfrond de noordenwind die, welke de lucht van de warme streken naar de koudere voert, de zuidenwind de tegenovergestelde; de noordenwind moet dus daar de warme, de zuidenwind de koude wind zijn, en ook dit wordt door de ondervinding bevestigd.

VI.

Vervolg. Wolken; Regen.

Tot de dagelijks waar te nemen weersveranderingen behoort in de tweede plaats het ontstaan en verdwijnen van wolken. Het gebeurt dikwerf, dat een helderblauwe lucht in korten tijd geheel betrekt, en

omgekeerd zien wij dikwerf in korten tijd de wolken verdwijnen en de lucht geheel ophelderen en blauw worden; vanwaar die veranderingen? Wat zijn wolken? Hoe ontstaan en verdwijnen zij?

In vlakke landen, zooals Nederland is, zien wij de wolken op een zekere hoogte boven ons in de lucht drijven, en vertoonen zij zich meestal als witte lichamen, van verschillende gedaante. Nu eens zijn het dunne, lankwerpige, aan de einden omgekrulde, zoogenoemde windveeren, dan weer kleine ronde, op rijen geordende lichaampjes, de zoogenoemde schaapjeswolken. Somtijds zijn het grooter massa's, die de gedaante van bergen met één of meer ronde koppen vertoonen en van onderen door rechte lijnen begrensd zijn, of wel laagswijze lichamen, die over een groote uitgestrektheid dezelfde hoogte hebben, en dan banken geheeten worden. Dikwijls ook vertoonen de wolken gelijktijdig twee of meer der aangeduide vormen. In bergachtige landen heeft men gelegenheid er nog nader mede bekend te worden; daar toch hangen de wolken, die nu eens laag, dan weer meer boven in de lucht zich bevinden, dikwijls tegen de bergen aan, wier hoogte men dus maar behoeft te kennen, om tevens die der wolken te kunnen bepalen. Het beklimmen van zulke bergen maakt het mogelijk, zich niet zelden midden in een wolk te begeven, en zoo doende heeft men gevonden, dat zij zich volkomen voordoet als dat, wat wij in lager landen nevel noemen, namelijk, als een mengsel van gewone lucht met zeer fijne waterblaasjes, die zich in den vorm van kleine druppels aan de kleederen en andere voorwerpen aanzetten, zoodat deze spoedig vochtig worden.

Bestaat dan het kenmerkende van wolken daarin, dat zij water in fijn verdeelden toestand bevatten, zoo komt de vraag omtrent het ontstaan van wolken hierop neder: vanwaar de zichtbare waterdeelen in een lucht, waarin zij te voren niet aanwezig schenen? 't Is duidelijk uit hetgeen wij vroeger gezegd hebben, dat daartoe vooreerst onzichtbare waterdamp in de lucht voorhanden zijn moet, en ten andere, dat die damp afkoeling vordert, om daardoor zichtbaar te worden.

Dat de dampkringslucht meestal, ja altijd, onzichtbaren waterdamp bevat, is ons reeds gebleken, toen wij aantoonden, dat deze bij genoegzame bekoeling steeds in den vorm van water daaruit neerslaat.

En geen wonder ook, gedurig toch heeft er uit den vasten grond zoowel als uit de zee verdamping plaats, vooral wanneer bij helder weder de zon veel warmte van zich geeft. De lucht zal dus overdag meer damp opnemen dan des nachts, in den zomer meer dan in den winter, in warme landen insgelijks meer dan in de zoodanige, die verder van den evenaar af gelegen zijn. Wat voorts de afkoeling betreft, die gevorderd wordt om den damp zichtbaar te doen worden, deze heeft dán plaats, als de lucht met koude vaste lichamen of met andere koude lucht in aanraking komt. Het eerste is het geval, als de wind van warme streken naar kouder waait; dit heeft bij ons plaats, als hij uit het zuiden, zuidwesten en westen waait, 'tgeen tevens verklaart, waarom bij ons vooral zuidwestenwinden regen aanbrengen, terwijl bij noordoostenwinden de lucht meestal blauw en vrij van wolken is; ook dan is er onzichtbare damp in de lucht, maar deze komt van een koudere streek, er is dus geen aanleiding tot afkoeling.

Vermenging van warme en koude lucht heeft er ook plaats als twee luchtstroomen over elkander heen zich bewegen, waarvan de eene warme, de andere koude lucht aanvoert; en dit geschiedt als de eene uit het zuiden of westen komt, de andere uit het noorden of oosten. Daar waar de luchtstroomen met elkander in aanraking komen, gaat dan de onzichtbare damp in zichtbaren nevel over. Heeft bijv. een oostenwind een tijd lang gewaaid, was daarbij de lucht helderblauw, en komt daarboven nu een warme zuidwestenwind opzetten, dan ziet men eerst dunne windveeren hoog in de lucht ontstaan; deze voegen zich bijeen, de lucht wordt melkachtig wit, maar de laag van zichtbaren damp is nog zóó dun, dat zon of maan er niet door verduisterd wordt; dikwerf evenwel vertoonen deze zich dan omgeven van gekleurde kringen; na eenigen tijd dringt gewoonlijk de zuidwestenwind ook beneden door, het wordt warmer en tevens vochtiger, en veelal ontstaat er regen; vandaar dat die windveeren en kringen om zon en maan terecht worden gehouden voor een voorteeken van spoedig volgende weersverandering.

Wij moeten hier nog bijvoegen, dat het betrekken van de te voren heldere lucht boven onze hoofden op tweeërlei manieren plaats heeft: nu eens is het de wind, die een reeds met gevormde wolken be-

zwangerde lucht aanvoert, dan weder ontstaan de wolken inderdaad boven onze hoofden, waarbij het kan gebeuren, dat er in de benedenlucht weinig of geen beweging is. En omgekeerd moeten wij bij het ophelderen van een betrokken lucht ook twee verschillende gevallen onderscheiden: een luchtstroom kan de aanwezige wolken wegvagen en heldere lucht in de plaats brengen, of wel de betrokken lucht komt met een warmen luchtstroom in aanraking, die den nevel door verwarming in onzichtbaren waterdamp doet overgaan.

Het verhandelde geeft tevens een denkbeeld omtrent de oorzaak van den regen. De dagelijksche ondervinding toch leert ons, dat regen uit wolken te voorschijn komt; een regendruppel kan dus niet anders zijn dan een vereeniging van de waterwanden der zichtbare blaasjes, die de wolk uitmaken, tot een geheel, hetgeen dan nedervalt, dewijl het veel zwaarder is dan lucht. Deze vereeniging heeft waarschijnlijk plaats, als er veel damp verdicht wordt, dus bij sterke afkoeling; terwijl bij een minder sterke afkoeling de waterblaasjes, zonder zich tot druppels te vereenigen, in de lucht zwevende blijven, even als fijne stofdeeltjes doen. Is dit zoo, dan verschillen de oorzaken van wolken en regen enkel in de mate van hare werking. De ondervinding bevestigt het. Daar waar de passaatwind onafgebroken waait, en dus geen vermenging van twee luchtstroomen plaats heeft, regent het nooit; waar de wind dagelijks van richting verandert, zooals op Java, is ook de regen een bijna dagelijksch verschijnsel. In Nederland regent het somtijds weken achter elkander niet, als namelijk een oostenwind onafgebroken door waait; verandert de wind daarentegen dikwijls, dan zijn ook regenbuiën zeer menigvuldig.

Het is niet moeiëlijk te meten, hoeveel regen er in een bepaald tijdvak over een zekere nitgestrektheid gronds valt; men behoeft daartoe alleen een bak met opstaanden rand in de open lucht te plaatsen, en telkens te onderzoeken, tot hoever zich die bij elke bui, of in een gegeven tijdvak, vult. Als men niet zeer dikwijls den bak ledigt, behoort hij zoo ingericht te zijn, dat er van het opgevangen regenwater niet of althans zoo weinig mogelijk verdampen kan, eer de hoeveelheid opgeteekend is.

Door het gebruik van dergelijken r e g e n m e t e r weet men dat er

bij Zwanenburg, halfweg Haarlem en Amsterdam, in een jaar tijds zooveel regen valt, dat, indien die niet weder verdampte en het regenwater niet in den grond drong, die grond op het einde van het jaar met een laag water, ter hoogte van omstreeks $6\frac{1}{2}$ d.M., zou bedekt zijn; dat die hoeveelheid intusschen alle jaren niet even groot is; in enkele jaren heeft men maar 4 d.M. verzameld, in andere steeg de regen-hoeveelheid tot $9\frac{3}{4}$ d.M. Op andere plaatsen van Nederland valt niet evenveel regen als bij Zwanenburg; meestal een weinig meer, maar het verschil bedraagt niet meer dan een vijfde. In verder afgelegen streken wordt het verschil veel grooter en wel in dezer voege, dat in de warme landen gewoonlijk veel meer regen valt, in de koudere minder; hetgeen daarvan een gevolg is, dat in de warme landen veel meer verdamping plaats heeft, en dus meer damp in de lucht voorhanden is, in de koude daarentegen minder. Ook valt er, gelijk te verwachten was, meer regen in landen nabij de kusten van den oceaan, dan in binnenlanden, die ver van den oceaan verwijderd zijn.

Wij kunnen niet van de wolken en den regen afstappen, zonder ze in verband beschouwd te hebben met twee andere verschijnselen, die er ten nauwste mee verbonden zijn, de uitdamping van land en zee, en het ontstaan en stroomen der rivieren. De dampen in de lucht zijn ontstaan uit water, en wederkeerig geven de wolken den damp in den regen weder als water terug; dit water vormt rivieren, en stroomt alzoo naar beneden, dat is, altijd weder naar den oceaan terug, dus juist daarheen, vanwaar het oorspronkelijk voor het grooter deel ontstaan is; zoodat beide verschijnselen op die wijze elkander beurtelings kunnen blijven opvolgen, welke geregelde afwisseling wederom de instandhouding van het bestaande verzekert.

VII.

Sneeuw; Hagel; Dauw; Rijp; IJzel.

De damp, die in de lucht onzichtbaar aanwezig is, treedt niet alleen als wolken en regen te voorschijn, maar vertoont zich ook somtijds onder andere gedaanten, te weten: als sneeuw, hagel, dauw, rijp en

ijzel; de beide eerstgenoemden komen evenals de regen uit de wolken, en dus van boven naar beneden; de laatsten daarentegen ontstaan zeer dicht bij den grond, en onderscheiden zich in dit opzicht van regen, sneeuw en hagel.

Sneeuw en hagel komen daarin met elkander overeen, dat beide bevroren water zijn, zooals blijkt, als wij ze opvangen en laten smelten; want beide geven dan bijna geheel zuiver water. De hoofdoorzaak van beider ontstaan is dezelfde als die van den regen, te weten: afkoeling van dampbevattende lucht, en wel een afkoeling, die zoo sterk is, dat de damp niet als water nedervalt, maar als ijsdeeltjes. Zulk een sterke afkoeling kan dan alleen plaats hebben, als de grond of de luchtstroom, die ze veroorzaakt, zelf een warmtegraad heeft beneden het nulpunt van den honderddeeligen thermometer. In de lagere deelen van den dampkring is dit alleen in de wintermaanden, en somtijds des nachts in het voorjaar het geval; men ziet het dan ook op geen andere tijden sneeuwen.

Intusschen is het niet bij zeer felle koude, dat de meeste sneeuw valt, maar bij het begin en einde van de vorst, als de winter streng is. Dit vindt zijne verklaring in de reeds gemaakte opmerking, dat er des te meer verdamping plaats heeft, naarmate het warmer is; want daaruit volgt, dat een warme lucht over het algemeen meer damp bevat dan een koude, en dat er dus in lucht des te minder damp aanwezig zijn zal, naarmate die lucht kouder is.

Als men sneeuw onder 't vallen opvangt op een lichaam, dat koud genoeg is om ze niet te doen smelten, en liefst donkerkleurig, zoodat de witte sneeuw er het best op uitkomt, op een lapje zwart laken bijv. of zwart fluweel, en die sneeuw nauwkeurig beziet, dan bemerkt men, dat zij zich onder verschillende gedaanten vertoont. Reeds bij het neervallen onderscheidt men groote en kleine vlokken; de eerste soms 2 c.M., de kleinste maar 1 m.M. groot. Van nabij bekeken, blijkt elke sneeuwvlok gewoonlijk een opeenhooping te zijn van een aantal ijslichaampjes, die zeer los onderling verbonden, en in allerlei willekeurige standen ten opzichte van elkander geplaatst zijn; somtijds daarentegen bestaat elke vlok alleen uit een enkel ijslichaampje; maar vooral merkwaardig is het, dat in beide gevallen elk

dier ijslichaampjes een regelmatige gedaante heeft; het is wat wij vroeger een kristal genoemd hebben. De ijskristalletjes zelven verschillen onderling zeer in den vorm. De samengestelde figuren ziet men dan, als er niet veel sneeuw valt, en als elke vlok uit niet meer dan één kristalletje bestaat. Maar alle mogelijke vormen, waaronder zij zich vertoonen, hetzij van regelmatige zeshoekige plaatjes, of van sterren (Fig. 37), wier stralen, zes in aantal, met fijne baardjes bezet zijn, of van nog andere figuren, alle hebben zij dit met elkander gemeen, dat de daarin voorkomende lijnen enkel hoeken van 60° en 120° met elkander maken, dat is, dat hare helling juist zoo groot is als van de lijnen, die in een cirkel (Fig. 38), welks omtrek men in zes gelijke bogen verdeeld heeft, de overstaande deelpunten vereenigen. Men zegt daarom, dat water de eigenschap heeft om te kristalliseeren onder hoeken van 60° en 120°. Ook aan de ijsbloemen op de vensterruiten kan men dit dikwerf waarnemen, en wel aan den stand der zijtakken ten opzichte van den hoofdstam der ijsbloem. Somtijds, ofschoon zelden, vindt men in de sneeuwvlok een vlakke of bolvormige kern, van drie in verschillende richtingen uiteenloopende takjes voorzien; die kern heeft dan geen kristalvorm.

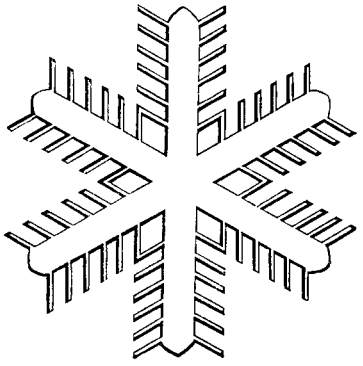


Fig. 37.

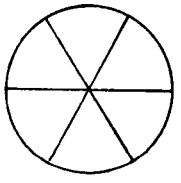


Fig. 38.

Van de sneeuw onderscheidt zich zeer kennelijk de hagel. Deze bestaat uit vrij harde korrels, die evenals de regendruppels van zeer verschillende grootte zijn, nu eens van 1 en 2 m.M., dan weder van 10 m.M. en meer. Men hoort zelfs weleens van hagelsteenen zoo groot als duiveneiëren, en men vindt ook meermalen na een hagelbui, klompen van die grootte liggen; doch meestal bestaan zij blijkbaar uit een aantal enkele korrels, die waarschijnlijk ieder afzonderlijk zijn neergevallen, en zich door gedeeltelijke smelting naderhand eerst aan

elkander hebben verbonden. De kleinere korrels zijn meestal volkomen bolrond, ondoorzichtig en in witheid op sneeuw gelijkend. Zulke korrels vindt men vooral bij hagelbuiën in den winter en in het voorjaar. De grootere hagelkorrels daarentegen, die in den zomer vooral waargenomen worden, zijn meer peervormig, dat is, aan het eene uiteinde puntig, aan het tegenovergestelde afgerond; meestal hebben zij drie scherpe kanten, die van het ronde oppervlak naar de punt samenloopen. Nooit zijn zij geheel doorschijnend, maar melkachtig wit en soms met een doorschijnend ijskorstje overtogen. Zeer merkwaardig is het, dat hagel, niet alleen in de koude, maar ook in de warme, en zelfs in de warmste maanden van het jaar valt, dat er dus ijs uit de lucht neerkomt, terwijl de warmtegraad ver boven het vriespunt is; maar dit verschijnsel moet ons niet bevreemden: immers de warmte, die wij voelen en die aan den thermometer merkbaar wordt, is enkel die van de benedenlucht, waarin wij leven, terwijl de hagel uit een hoogere luchtlaag afkomstig is, die, gelijk wij vroeger zagen, zeer veel kouder zijn kan. Ja, om zich daarvan zelf te overtuigen, behoeft men juist niet met een luchtballon op te gaan; bij het beklimmen van hooge bergen voelt men het hoe langer zoo kouder worden, en altijd komt men, op een zekere hoogte, ook midden in den zomer, in een streek, waar sneeuw en ijs gevonden wordt; in de Zwitsersche Alpen vindt men de eeuwige sneeuw reeds op 1300 M. hoogte. Op grond hiervan is het dus in 't geheel geen gewaagde onderstelling, dat er bij het vallen van hagel, hoog boven ons hoofd, een luchtlaag is zóó koud, dat daarin de waterdamp tot ijs bevriest. Er zijn intusschen omtrent het ontstaan van hagel vele vragen te doen, waarop wij geen antwoord weten te geven, en geen wonder, daar wij niet in de mogelijkheid zijn, om het ontstaan van hagel van nabij en dus nauwkeurig, waar te nemen. Meer bekend is ons de aard dier verschijnselen, welke wij dauw en rijp noemen; deze toch ontstaan zeer dicht bij den grond en als onder ons oog.

Dauw is een witte damp, die dikwerf 's avonds en 's morgens, zwevende boven den grond, waargenomen wordt. Meestal is hij maar een of een paar ellen hoog, want somtijds ziet men de ruggen of de koppen der koeiën er boven uitsteken, terwijl schapen, geiten en

andere kleine dieren er geheel onder bedolven zijn. De dauw is niet anders dan een gewone nevel, zooals blijkt uit de druppels, welke men 's morgens op de bladeren der planten vindt, en die zuivere waterdruppels zijn. Hij komt enkel in de warme maanden van het jaar voor, en alleen bij een blauwe lucht, als er geen wind is.

Ook hier gaat onzichtbare damp, die in de lucht is, door afkoeling in den zichtbaren blaasjesvorm over. Bij helderen zonneschijn worden de grond en de lucht daarboven bij dag sterk verwarmd en er heeft veel verdamping plaats; de lucht bevat dus veel onzichtbaren damp. Blijft nu het uitspansel onbewolkt, dan volgt daarop, na zonsondergang, een sterke afkoeling van den grond, of van de planten, die den grond bedekken, zoodat de grond aanmerkelijk kouder wordt dan de lucht op een geringe hoogte er boven. Maar de luchtlaag, die met den grond in aanraking is, wordt dan ook afgekoeld, en vandaar het neerslaan van den daarin bevatten onzichtbaren damp, en het aanslaan van dien damp op de koude vaste lichamen. Deze echter zijn niet alle even sterk afgekoeld: een glazen plaat wordt kouder dan een metalen; op de eerste vindt men daarom ook 's morgens meer vocht afgezet dan op de laatste. Ook koelen die lichamen, die het grootste oppervlak hebben, het spoedigst en het meest af; de planten dus meer dan een onbegroeide grond. De dauwvorming is daar, onder voor het overige gelijke omstandigheden, het menigvuldigst, waar bij dag het meest verdamping plaats heeft; dus overvloediger boven lage vochtige weilanden, doorsneden door vele slooten, dan boven bouwland, en nog overvloediger dan boven hoogen en drogen heidegrond.

Worden de vaste lichamen zóó sterk afgekoeld, dat de damp, die er op neerslaat, oogenblikkelijk in ijs overgaat, dan noemt men dien neerslag niet dauw, maar rijp. Rijp is dus niet anders dan bevroren dauw; zulk een sterke afkoeling intusschen, als tot de bevriezing van den damp noodig is, heeft enkel in het voor- en najaar plaats; in den zomer neemt men alleen dauw waar. Beschouwt men de berijpte lichamen van nabij, dan ziet men, dat het gevormde ijs niet als een laag over het geheele oppervlak der lichamen uitgebreid is, maar dat het uit een menigte afgezonderde kleine ijsnaaldjes bestaat, die in gelijke richtingen en naast elkander op de uitstekende deelen der

lichamen, bijv. op de randen en nerven der bladeren, op de scherpe kanten van ijzeren leuningen, niet liggen, maar staan. Aan de ongelijke hoeveelheid, waarin vooral de rijp zich op verschillende lichamen aanzet, blijkt bij uitnemendheid het verschil in afkoeling dier onderscheiden lichamen. In het najaar ziet men het eerst rijp op de matten, die de hoveniers gebruiken; een weinig later op houten bruggen, en dat wel, terwijl een thermometer in de vrije lucht nog eenige graden boven nul staat.

Een andere neerslag eindelijk van vocht uit de lucht, is die, welken men somtijds op den grond waarneemt, als na aanhoudende vorst plotseling dooiweder invalt, veroorzaakt doordien de koude oostenwind spoedig in een warmen westen- of zuidwestenwind verandert. De lucht, die dan aangevoerd wordt, is veel warmer dan de grond waarover zij heenstrijkt, en koelt dus af; de daarin bevatte damp slaat neder en bevriest. Maar hier is de geheele grond door de voorafgegane vorst gelijkelijk afgekoeld, het bevriezende vocht zet zich dus overal gelijkelijk aan, en er vormt zich een doorgaande dunne laag of korst van ijs. Gebeurt dit op een harden grond, bijv. op de straten van een stad of dorp, dan wordt die door dat ijslaagje dikwerf zoo glad, dat het hoogst moeielijk is er over te gaan zonder uit te glijden; men noemt die ijsvorming ijzel.

Gaat de dooi door, met andere woorden, is er aanhoudende toestrooming van warme lucht, dan wordt ook de grond weldra genoegzaam verwarmd, om het neergeslagen vocht niet meer te doen bevriezen. Vandaar, dat men den ijzel naar gedurende korten tijd waarneemt, meestal niet langer dan eenige uren, en dat hij zich nooit, gelijk dauw en rijp, vele dagen achtereen herhaalt.

VIII.

Over Onweder.

Het onweder behoort, evenals de hagel, tot de meer zeldzame verschijnselen in den dampkring. Als wij van onweder spreken, verstaan wij daaronder een lichtflikkering, die zich plotseling aan een

meer of min bewolkte lucht vertoont; die voorts zeer kort van duur is, maar die zich gewoonlijk, na kleiner of grooter tusschenpoozen, eenige malen herhaalt, meestal achtervolgd van een zwaar geluid, dat uit de lucht komt, en nu eens zeer kort afgebroken is, dan weder langer aanhoudt, maar nooit langer dan eenige weinige oogenblikken, en dat somtijds naar het geluid van een harden slag of wel naar dat van een rollend lichaam gelijkt. Dat geluid herhaalt zich evenals het licht, en gaat de lichtflikkering nooit vooraf: óf het volgt er onmiddellijk op, óf eerst na verloop van eenige secunden, en doorgaans is het des te zwakker, naarmate er meer tijd tusschen het licht en den slag in ligt, welke beide in nauw verband met elkander staan. Het lichtverschijnsel noemen wij nu eens weerlicht, dan weder bliksem; aan het geluid geven wij den naam van donder. Niet zelden intusschen neemt men alleen het lichtverschijnsel waar, zonder dat men den donder hoort, of men hoort in de verte het geluid van den donder, zonder licht te zien; wij zeggen dan toch ook „er is onweer aan de lucht".

Voor het lichtverschijnsel gebruiken wij twee verschillende benamingen, bliksem en weerlicht, omdat het zich op twee verschillende wijzen voordoet. Een bliksemstraal is een schitterend lichtende, gewoonlijk gebroken, streep, die zich plotseling vertoont tusschen een punt van een wolk en een punt van de aarde, of tusschen plaatsen van twee verschillende wolken. Zulk een bliksemstraal geeft, als het avond of nacht is, gedurende het oogenblik dat hij zichtbaar is, zóóveel licht, dat men daarbij de omringende voorwerpen op dat oogenblik aanschouwt als bij een heldere middagzon. Bij weerlicht is het die algemeene kortstondige verlichting alleen welke men waarneemt, zonder ergens den bliksemstraal te zien. Ten onrechte evenwel zouden wij daaruit besluiten, dat er geen aanwezig was. Zou het niet kunnen zijn, dat hij door een floers van daarvóór hangende wolken of wel door de ronding der aarde voor ons oog verborgen bleef? Ofschoon wij daarvoor al geen stellige bewijzen hebben, onwaarschijnlijk is het niet. Evenmin geeft de omstandigheid, dat er soms weerlicht gezien wordt, zonder dat men het hoort donderen, ons recht om aan te nemen, dat dit laatste geen plaats vond. Hoe dikwijls toch

gebeurt het, dat verre geluiden, die voor 't overige zwaar genoeg zijn, gelijk bijv. kanonschoten, al te zeer verzwakt tot ons komen, dan dat wij ze zouden kunnen vernemen!

Onweder wordt voorafgegaan, vergezeld en achtervolgd door andere verschijnselen, die er mede in verband schijnen te staan; voorafgegaan wordt het meestal door windstilte en een hoogen warmtegraad; wij spreken dan van een drukkende warmte. Het vertoont zich nooit aan een geheel wolkvrije lucht; maar eerst vormen zich donkere wolken, die laag bij den grond schijnen te hangen. Heeft men een vrij uitzicht, dan ziet men er meestal ook in verschillende richtingen drijven; breekt het onweder los, dan gaat het van korte rukwinden gepaard en uit de onweerswolk stroomt regen, soms ook van hagel vergezeld, naar beneden; vandaar, dat men van onweersbuiën spreekt. Nadat het opgehouden heeft, is de lucht aanmerkelijk afgekoeld, en de wind, die te voren uit het zuiden of zuidwesten woei, is nu noordwestelijk of noordelijk geworden. Uit deze opgave van omstandigheden, die het onweder meer of min eigen zijn, blijkt, dat een zuidelijke luchtstroom gedurende het onweer door een noordelijken verdrongen wordt. Somtijds heeft dat verdringen geen plaats; de wind heeft dezelfde richting behouden, en 't is even warm gebleven als het te voren was. Is dit echter het geval, zoo komt er meestal denzelfden of den volgenden dag vannieuws onweder, en dit herhaalt zich dan tot het eindelijk koeler, en de wind noordelijker geworden is.

Zeer gewoon is het zoogenoemde inslaan van den bliksem, of, gelijk men ook wel zegt, van het onweder. De eerste uitdrukking is juister; want dat inslaan is enkel een gevolg van den bliksemstraal, en waar die niet gezien wordt, verneemt men ook van geen inslaan. Wij mogen hier niet nalaten op de ongegrondheid van een vrij algemeen heerschend volksgeloof opmerkzaam te maken, dat namelijk de bliksem voorzien zou zijn van een wigvormig steenen uiteinde, een zoogenoemden donderbeitel, waarmede hij zijn geweldige werking doen zou. De voorwerpen, welke dien naam dragen, waaromtrent veel raadselachtigs bestaat, en welke bijkans overal gevonden worden, zijn geen loutere natuurvoortbrengsels, maar hebben blijkbaar een fatsoeneering ondergaan door menschenhanden, om aan ruwe volkeren tot werk- of wa-

pentuig te dienen. Zij staan in geen betrekking hoegenaamd met de vernieling door eenig onweder aangericht. 't Is waar, men heeft soms in den grond, onder de plaats, waar de bliksem insloeg, wortelvormige holle lichamen gevonden, die misschien aanleiding tot de dwaling gegeven hebben. Doch deze zijn wél van de bovengemelde te onderscheiden; zij maken echter evenmin een deel uit van den bliksemstraal, maar vormen zich door diens vreeselijke hitte in den grond zelven, zoo die daartoe de stof oplevert; zij zijn toch van kwartsachtigen aard, en getuigen van een aanvankelijke smelting en aanbakking van zulk gesteente, ofschoon dit anders van gewoon vuur die werking niet ondervindt. Is men nabij de plaats waar de bliksem inslaat, dan ziet men op dat oogenblik een bliksemstraal tusschen een wolk en het voorwerp dat getroffen wordt; te gelijker tijd hoort men een hevigen donderslag, waarvan de grond en de huizen somtijds merkbaar dreunen, en onmiddellijk daarna ontwaart men de gevolgen van dat inslaan. Aan menschen en dieren worden huidbeleedigingen toegebracht, gelijkende op brandwonden; somtijds zijn de haren gezengd, de kleederen verschroeid en vol gaten; had iemand geld, metalen knoopen of iets anders van metaal bij of aan zich, zoo vond men dat somtijds geheel of gedeeltelijk gesmolten. Menschen die getroffen werden, bleven gemeenlijk plotseling dood; er zijn echter ook voorbeelden van, dat zij naderhand weer bijkwamen en van hun wonden herstelden. Slaat de bliksem in een boom, dan worden er takken afgescheurd, de schors splijt en stukken daarvan worden ver weg geslingerd, houtvezelen van den stam worden losgerukt en wijken uit elkander. 't Is alsof een kracht van binnen naar buiten, bij wijze van een ontploffing, gewerkt had. Slaat de bliksem in een huis, in een toren of in een molen, dan gebeurt het dikwerf, dat het gebouw in brand geraakt. Maar al ontstaat er geen brand, dan ontdekt men toch op een aantal punten sporen van de werking des bliksems, die van verschillenden aard kunnen zijn. Hij boort gaten dwars door muren en vloeren, doet balken splijten, smelt metaaldraad, verbrijzelt spiegels en schilderijen, werpt allerlei losstaande voorwerpen op den grond en slaat deuren en vensters open. Gaat men die sporen opzettelijk na, dan vindt men gewoonlijk, dat de bliksem niet rechtlijnig is voortgegaan, maar dat hij

van het eene voorwerp op het andere overgesprongen is, dat hij daarbij aan sommige stoffen boven andere de voorkeur geeft. Vooral blijkt dat ten aanzien van metaal, en bevindt men, dat hij van het eene stuk metaal naar een ander, dichtst bij gelegen, den kortsten weg gevolgd heeft, van daar op een derde is overgegaan, en zoo voorts, en dat hij bepaaldelijk de houten balken of steenen muren, die zich op zijn weg, van het eene metaal naar het andere, bevonden, heeft doen splijten of scheuren; waar hij daarentegen langs metalen staven heen is gegaan, vindt men de omringende voorwerpen, al waren zij ook met het metaal in aanraking, onbeschadigd.

Het is er ver af, dat men de wondervolle en ontzaglijke werking des bliksems, en de wijze waarop hij ontstaat, volledig vatten en verklaren kan. Evenwel er is hier een niet te miskennen overeenkomst met de verschijnselen der electriciteit. Wat men bij het onweder op een reusachtige schaal ziet en hoort, dat weet men in zwakke en geringe mate in het klein na te bootsen. Maar dat niet alleen: de beroemde FRANKLIN heeft het eerst bewezen, dat het onweder inderdaad niet anders dan een electrisch verschijnsel is. Het gelukte hem, met behulp van een vlieger, zich te overtuigen, dat een onweerswolk dezelfde electriciteit deelachtig is, die wij aan gewreven lichamen waarnemen. Zoodra men dit mag aannemen, laat zich alles wat wij hiervan weten en leeren, op de lucht-electriciteit overbrengen, en worden vele dingen ons duidelijk, die anders ten eenenmale onverklaarbaar zijn.

's Is, om iets te noemen, een bekend en onloochenbaar feit, dat dikwijls menschen en dieren gedood werden gedurende een onweer, zonder dat de bliksem hen trof, zoodat zij ook geenerlei uitwendige beleediging of verwonding ondervonden. 't Heeft hoegenaamd geen zwarigheid in, daarvan op voldoende wijs reden te geven. Stellen wij ons een laag hangende, met glasachtige electriciteit bijv. geladen onweerswolk voor, waaronder zich een persoon bevindt, dan zal immers het bovendeel van zijn lichaam sterk harsachtig electrisch moeten worden. Heeft er uitwisseling plaats tusschen die harsachtige electriciteit en de glasachtige der wolk, dan wordt de persoon onmiddellijk door den bliksem getroffen; maar geschiedt die uitwisseling van de electriciteit der wolk met de tegengestelde eigenschap van een andere

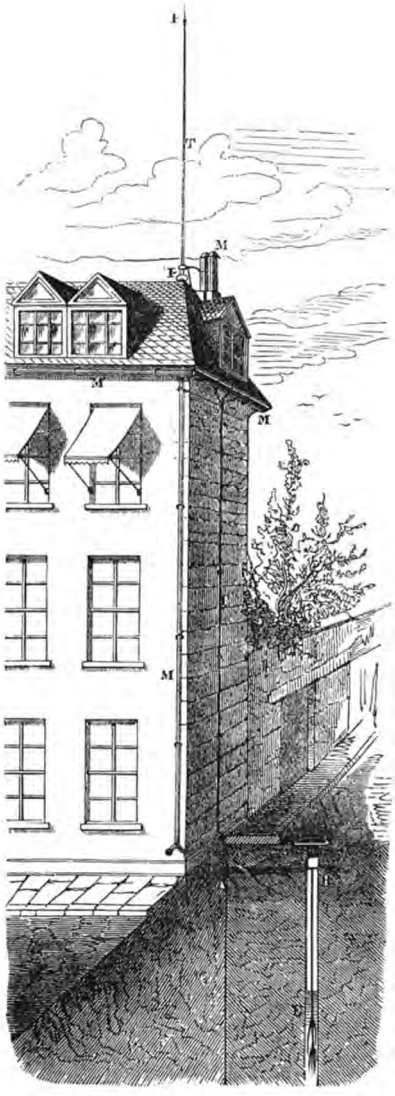


Fig. 39.

wolk of van een nabijgelegen gebouw, dan houdt de oorzaak der ophooping van harsachtige electriciteit naar het hoofd van den persoon plotseling op, en deze vereenigt zich eensklaps in zijn lichaam met glasachtige electriciteit van den grond waarop hij staat, en als wij ons nu herinneren de hevigheid van den schok welken ons de ontlading eener Leidsche flesch reeds geeft, dan zullen wij ons niet behoeven te verwonderen, dat de schok, die hier geleden wordt, den dood veroorzaken kan.

Dat wijders de bliksem een voorliefde voor metaal moet hebben, kunnen wij nu reeds van te voren inzien. Immers de electriciteit kiest den besten geleider, en richt zij schade aan, dan is het, als zij genoodzaakt wordt, bij gebrek van beter, slechte geleiders te volgen, of wel goede, waarin echter wegens te geringe massa de hitte die zich ontwikkelt, zóó aanmerkelijk wordt, dat zij smelten.

Op die gronden, en geleid door deze ervaring dat, waar slechts een voldoende metaalgeleiding bestaat, de bliksem die altijd volgt, heeft FRANKLIN een inrichting uitgedacht, om gebouwen, die getroffen konden worden, tegen beschadiging, vernieling of brand te vrijwaren.

Zij bestond hierin, dat men boven op het gebouw, hetwelk men beveiligen wilde, een metalen stang plaatste, onder aan die stang een andere ijzeren of koperen stang, of wel een looden reep van eenige c.M. breedte vastschroefde of klonk, deze langs den buitenmuur liet afdalen en uitloopen in eenige ijzeren stangen, die een eind weegs in den grond indrongen. En ziet: de ondervinding leerde en leert nog dagelijks, dat zulk een toestel, dien men bliksem-afleider genoemd heeft, geheel aan het oogmerk voldoet (zie voorgaande bladzijde Fig. 39). Daar de bliksem vooral de hoogst uitstekende voorwerpen treft, zijn het in 't bijzonder kerken, torens, molens en schepen, die behoefte hebben aan zoodanige beveiliging; alleenstaande voorwerpen worden intusschen ook dikwerf getroffen, al zijn zij niet hoog, zooals boerenwoningen en schuren, en zelfs menschen en dieren op het land. Om daarvoor zoo min mogelijk gevaar te loopen, moet men zich verwijderen van hoog uitstekende voorwerpen, zich dus vooral niet in een toren bijv. begeven, en evenmin, als men buiten is, onder een boom gaan schuilen. Bevindt men zich in het open veld, dan is het opzetten van een regenscherm, voornamelijk als die van boven in een metalen punt eindigt, zeer af te raden; men doet dan beter zich den regen maar te getroosten. Bij een zwaar onweder, op een geheel vlakken grond, waar men zelf het eenig uitstekend voorwerp is, kan het nuttig zijn, zich plat op den grond uit te strekken, en alle metaal, dat men bij zich heeft, af te leggen. Daarentegen is het sluiten van de blinden van vensters een gewoonte, waarvoor geen grond bestaat. 't Spreekt wel van zelf, dat men den bliksem op die wijze niet buitenshuis houden kan. Maar ook de vrees voor tocht, die er wellicht de aanleiding toe was, wettigt ze niet. Geen enkele reden is er te geven, waarom een eenvoudige luchtstroom den bliksem zou aantrekken; evenmin als klokgelui, gelijk men zich ook wel verbeeldt. Deze laatste bewering berust op een vermeende ervaring, waarbij men echter vergeet, dat het vasthouden, gedurende een onweder, van een klokketouw, vooral als dit vochtig is, op zich zelf gevaar inheeft, hetzij men de klok luide of niet.

ELFDE AFDEELING.

De Sterrenhemel.

I.

Dagelijksche Beweging.

Na de aarde met haren dampkring en bewoners beschouwd te hebben, willen wij ons ten slotte nog bezig houden met de zoogenoemde hemellichamen, zon, maan en sterren. Wij beginnen met de zon, die zich als het grootste van al die lichamen vertoont en zeker voor ons het belangrijkste is. Als wij er te eeniger tijd den blik heenwenden, en daarbij tevens letten op 't een of ander aardsch voorwerp in het verschiet, dat er zich juist onder bevindt, dan kunnen wij al spoedig aan dat voorwerp bemerken, dat de zon zich schijnbaar beweegt, en wel van de linker naar de rechter hand. Vestigen wij de aandacht op de schaduwen, die de lichamen op aarde bij zonneschijn achter zich werpen, dan leeren deze ons hetzelfde. Maken wij toch op den grond een teeken, bij het uiteinde der schaduw van een rechtop staanden paal bijv., dan zullen eenige weinige minuten voldoende zijn om ons aan de draaiënde beweging dier schaduw te doen zien, dat de zon zich rechts verplaatst heeft.

Verder merken wij dagelijks op, dat de zon niet altijd even hoog staat; zoo lang het nog morgen is, of vóór 12 uren, blijft zij steeds

klimmende, na 12 uren daarentegen daalt zij al meer en meer. Ook dit kunnen de schaduwen bevestigen, als wij niet enkel op hare richtingen, maar ook op de lengten letten. Een ieder weet, dat de schaduwen, als de zon hoog staat, kort, 's morgens en 's avonds daarentegen veel langer zijn, bijgevolg vóór den middag korter, na den middag langer hebben moeten worden. Aangezien nu dat rijzen en dalen der zon van een gedurige verplaatsing rechts vergezeld gaat, zoo volgt daaruit dat de zon vóór den middag schuins-rechts naar boven klimt, en na den middag schuins-rechts naar beneden daalt; middag is dan het oogenblik van den dag, waarop zij haren hoogsten stand bereikt. Teekenen wij nu den tijd van zonsopkomst aan, voorts dien waarop zij den hoogsten stand bereikt, kenbaar aan de allerkortste schaduwen, eindelijk nog dien van zonsondergang, zoo bevinden wij, dat er juist evenveel uren en minuten verloopen zijn van zonsopkomst tot middag als van middag tot zonsondergang. Eindelijk is 't bekend, dat de zon altijd opkomt aan een bepaalden kant, de oostzijde van den horizon; dat zij 's middags omstreeks 12 uren altijd vlak boven een bepaald punt van den gezichteinder, het zoogenoemde zuiden staat, en dat zij eveneens des avonds altijd aan de westzijde van den horizon onder gaat. Wij zeggen daarom in het algemeen: de zon komt op in het oosten, bereikt haren hoogsten stand in het zuiden, en gaat onder in het westen.

Wat wij bij dag aan de zon zien, datzelfde kunnen wij 's avonds, nadat zij ondergegaan is, mits de lucht niet betrokken zij, aan de sterren waarnemen. Op het eerste gezicht schijnen die alle stil te staan; maar blijven wij er eenigen tijd op turen en vergelijken wij haren stand met voorwerpen op de aarde, dan bespeuren wij, dat de sterren ook een verplaatsing ondergaan, en wel een verplaatsing van denzelfden aard als de zon. Sterren die in het oosten staan, zien wij schuins-rechts naar boven rijzen, sterren in het zuiden bewegen zich evenwijdig aan den horizon, andere in het westen dalen weder schuins-rechts naar beneden. Ook valt weldra in het oog, dat enkel aan den oostkant sterren opkomen, terwijl aan de westzijde alleen sterren ondergaan, zoodat de bewegingen der verschillende sterren en die der zon een groote overeenkomst onderling hebben. Om zich daarvan nog na-

der te overtuigen, moet men een en dezelfde ster zoo lang mogelijk gadeslaan. Men kieze er bijv. een die 's avonds bij zonsondergang opkomt en volge haar gedurende den ganschen nacht; men ziet ze dan evenals de zon eerst rijzen, boven het zuiden haren hoogsten stand bereiken, en eindelijk omstreeks het westen ondergaan.

Gaan wij in onze verbeelding van het zuidpunt recht naar boven, dan komen wij in een punt aan den hemel, dat vlak boven ons hoofd ligt, en hetwelk men het toppunt noemt. Dalen wij voorts aan de tegenovergestelde zijde, zonder af te wijken, weder recht naar beneden, dan komen wij ten laatste in het punt van den horizon, dat juist tegenover het zuiden gelegen is, en het noorden genoemd wordt.

Als wij gedurende den nacht sterren volgen die des avonds in het westen vrij hoog boven den horizon staan, dan zullen wij weldra bemerken, dat niet alle opkomen en ondergaan.

Onder de sterren die opkomen noch ondergaan, treft men er aan, die al in zeer kleine kringen, en daarbij zeer langzaam, zich bewegen. Ja men vindt er een, die zelfs, al bespieden wij haar uren lang, geheel en al stil schijnt te staan. Zij staat recht boven het noordpunt van den horizon, en draagt den bijzonderen naam van poolster naar de door haar ingenomen plaats, die de pool des hemels geheeten wordt om de navolgende reden. Denken wij ons door het oog van den waarnemer en de pool des hemels een rechte lijn, dan gaat die rechte lijn midden door al de loopkringen der sterren. Alle sterren benevens de zon bewegen zich om punten op die lijn gelegen, die daarom de as des hemels genoemd wordt; immers 't is, alsof zon en sterren aan het oppervlak van een bol bevestigd waren, in welks middelpunt de waarnemer zich bevindt, en die om gezegde lijn als om een spil of as omwentelt. Daar deze schijnbare beweging zich dag aan dag geregeld herhaalt, wordt zij met den naam van de dagelijksche beweging bestempeld.

Verreweg de meeste sterren blijven in denzelfden stand ten opzichte van elkander; zij bewegen zich alle, maar tezamen, juist of zij onwrikbaar aan elkander verbonden waren. Het is die betrekkelijke onbewegelijkheid der sterren, die haar den naam van vaste sterren heeft doen

geven, ter onderscheiding van andere, waarover later, welke die eigenschap niet bezitten.

Behalve enkele sterren, vertoont zich aan den hemel ook nog een witachtige streep, die alleen bij heldere lucht duidelijk te zien is, en die bekend is onder den naam van den Melkweg. Ook deze is, met behulp van verrekijkers, gebleken te bestaan uit enkel sterren, maar die, omdat zij niet zeer helder zijn en dicht bij elkander staan, met het bloote oog niet afzonderlijk zijn waar te nemen. De Melkweg behoudt insgelijks zijn stand ten opzichte der vaste sterren, en deelt in de gezamenlijke dagelijksche beweging.

II.

Nadere Beschouwing van de Beweging der Zon.

Wij kunnen waarnemen, dat de tusschentijd tusschen twee zonsverschijningen wel den eenen dag bijna juist even groot is als den anderen, maar dat die tijd verschilt bij dien welken wij bij de sterren vinden; de rondgang van de zon bedraagt 24 uren, met op zijn hoogst een afwijking van een halve minuut; die van de sterren 23 u. 56′. Dat die tijd voor de zon om en nabij 24 uren bedraagt, is geen toeval, maar moet daaraan worden toegeschreven, dat de uurwerken met opzet zoo gemaakt en geregeld worden, dat zij 24 uren verloop aanwijzen, voor den tijd dien de zon door elkander noodig heeft, om telkens wederom haar hoogste standpunt te bereiken. Men zou een uurwerk ook wel zoo kunnen regelen, dat de uurwijzer precies tweemaal rondliep, in den tijd waarin de vaste sterren haren kring afleggen. En deed men dit, dan zou men vinden, dat op zulk een uurwerk de zon 24 uren en circa 4 minuten noodig had; met de zon vergeleken, zou men dan zeggen, dat het uurwerk dagelijks 4^m vóór ging. Die regeling is echter minder gebruikelijk, en het is de gemiddelde tijd, die er verloopt tusschen twee opvolgende middagstanden der zon, welken wij een etmaal, of wel, ofschoon minder gepast, een dag noemen; een 24^{ste} deel van een etmaal is dan een

uur, en een 60ste deel van een uur een minuut, terwijl de minuut weder in 60 secunden verdeeld wordt.

Het dagelijksche verschil tusschen den rondgang der zon en dien der sterren is intusschen, bij nauwkeurige meting, gebleken niet volkomen 4^m te zijn, maar eenige secunden minder; het is dus niet na 12 maanden, elk van 30 dagen, of na 360 dagen, dat alle verschijnselen weder dezelfde zijn, maar na een iets langeren tijd, te weten na $365\frac{1}{4}$ dag. In dat tijdsverloop volbrengen de sterren juist een omwenteling meer dan de zon; zij hebben derhalve dan $366\frac{1}{4}$ omdraaiïngen volbracht. En het is juist omdat, na verloop van die $365\frac{1}{4}$ dag, alle verschijnselen zich eveneens herhalen, dat men dat tijdvak een eigen naam heeft gegeven, en wel den naam van jaar. De lengte van een jaar is dus niet willekeurig door menschen bepaald, maar door bewegingen aan den hemel, geheel van onze willekeur onafhankelijk; het is er mede evenals met de lengte van het etmaal, en die van dag en nacht. Wij kunnen zeggen: een jaar is de tijd die er verloopt, van den dag af waarop de zon tegelijk met de eene of andere ster opkomt, totdat zij dat vannieuws doet met dezelfde.

De dagelijksche beweging der zon verschilt dus vooreerst daarin van die der sterren, dat zij wat langzamer geschiedt; doch er is nog meer verschil. Elke ster komt altijd van hetzelfde punt van den horizon op, gaat aan hetzelfde punt onder en rijst in het zuiden telkens even hoog; zij beschrijft elken dag denzelfden boog aan den hemel. Bij de zon daarentegen is dat niet het geval.

Een ieder weet, dat de zon in den winter niet zoo hoog rijst als in den zomer, en dat de tijd gedurende welken zij in den winter boven den horizon blijft, veel korter is dan in den zomer; wijders, dat het zoogenoemde lengen der dagen van omstreeks den 21ste December tot den 21ste Juni nagenoeg plaats vindt, waarna zij, gedurende de rest van het jaar, de laatste week alleen uitgenomen, wederom korten.

Daar wij nu gezien hebben, dat de verschillende etmalen niet, immers zeer weinig, in duur van elkander verschillen, zal dus, wat de dag langer of korter is, de nacht korter of langer zijn. Doch vanwaar dat onderscheid in lengte voor beiden? Stellen wij, ten einde

dat op het spoor te komen, een nog nauwkeuriger onderzoek te werk op de beweging der zon, en letten wij daarbij op de onderscheiden tijdperken des jaars. Wanneer wij omstreeks den 21ste December er op letten, in welke punten van den horizon de zon opkomt en ondergaat, dan vinden wij, dat het eerste geschiedt in een punt, dat niet juist in het oosten maar op eenigen afstand van daar naar het zuiden ligt, en dat even zoo des avonds het ondergaan niet precies in het westen, maar ook in een punt plaats heeft, dat ten zuiden van het westen ligt. Onderzoeken wij eenige weken later eens weder waar de zon opkomt en ondergaat, dan zullen wij vinden, dat het nu plaats heeft in twee punten die dichter bij het oosten en het westen liggen. Omstreeks den 21ste Maart zal de zon juist in het oosten opkomen, en precies in het westen ondergaan; na dien dag zien wij het opkomen ten noorden van het oosten, en het ondergaan ten noorden van het westen plaats vinden, en van beide zijden naderen die punten het noorden gedurig meer tot op den langsten dag, dat is omstreeks 21 Juni, alswanneer de bedoelde punten juist zooveel ten noorden van het oosten en het westen liggen, als zij op den kortsten dag ten zuiden daarvan waren. Na dien dag geschiedt hun verplaatsing in tegengestelden zin; zij naderen weder tot het oosten en westen; omstreeks 21 September gaat de zon op nieuw juist in het oosten en het westen op en onder; daarna komen zij weder ten zuiden van het oosten en westen te liggen, verwijderen zich daarvan al meer en meer, en bevinden zich eindelijk omstreeks 21 December terug op dezelfde plaatsen, waar zij juist een jaar vroeger waren. Herinneren wij ons nu, dat deze trapswijze verschuiving gepaard gaat met het steeds hooger rijzen der zon op den middag, gedurende de maanden van December tot Juni, en met het al minder en minder hoog rijzen in de volgende zes maanden, dan zien wij in, dat de dagelijksche weg der zon, in de verschillende maanden van het jaar, verschillend is, en dat wij ons die verschillende wegen op deze wijze moeten voorstellen. Tusschen de beide uiterste bogen of kringen van December en Juni moeten wij ons al de andere kringen denken, die den weg der zon op alle andere dagen van het jaar voorstellen. Die kringen loopen intusschen niet in zich zelve terug; van den eenen kring

gaat de zon op den volgenden over, en dit geschiedt niet met een sprong, maar allengs; zij maken dus eigenlijk tezamen een enkele kromme lijn uit, die uit een menigte omwindingen bestaat; het aantal dier omwindingen is gemakkelijk te bepalen, daar elke winding de weg van een dag is. Wij kunnen ons de geheele kromme lijn niet beter voorstellen, dan door ons een bol te verbeelden, en om dezen een draad derwijze rond te winden, dat alle windingen naast elkander liggen, en tezamen het middelste gedeelte van het oppervlak van den bol bedekken; onder en boven blijft dan een gedeelte van den bol onbedekt, en beide die onbedekte gedeelten zijn juist even groot. De bol dien het hier geldt, is de hemelbol, welken wij om ons heen zien. De kromme lijn die door de zon wordt doorloopen, en waarvan de opgewonden draad het beeld is, noemt men een spiraallijn. Wij kunnen dus zeggen: gedurende de zes maanden van December tot Juni klimt de zon langs een oploopende spiraal; gedurende de maanden van Juni tot December daalt zij langs een afloopende spiraal van evenveel windingen weder af.

De beweging der zon ten opzichte van ons zelven kennende, kunnen wij gemakkelijk daaruit afleiden, welke hare verplaatsing is ten opzichte der vaste sterren. De zon legt door de sterren heen in een jaar tijds een kring af, die een schuinschen stand heeft ten opzichte van de dagkringen der sterren. Deze kring draagt den naam van zonsweg.

De schuinsche stand van dien zonsweg heeft voor ons aardbewoners hoogst gewichtige gevolgen. Het is uithoofde daarvan, dat de tijd gedurende welken de zon boven den horizon is, van December tot Juni toeneemt. Met dien langeren duur van den dag neemt de verwarmende werking der zon insgelijks toe, en dat om twee redenen, zoowel omdat de verwarming langer duurt, als omdat de zon meer warmte geeft, naarmate zij hooger aan den hemel staat, en hare stralen dus meer loodrecht op ons worden afgezonden. Die eigen beweging der zon in een kring, op welks vlak de as des hemels helt, is dus blijkbaar de oorzaak van de vier jaargetijden, winter, lente, zomer en herfst. Gelijk uit het voorgaande reeds gebleken is, pleegt men duidelijkheidshalve de schijnbare spiraalvormige beweging der zon om de aarde zich als

samengesteld te denken uit twee eenvoudiger bewegingen. De eene is de gewone dagelijksche omwentelende beweging, die de zon met den ganschen sterrenhemel gemeen heeft; de andere is het beloop van een in zich zelven terugkeerenden kring, den zonsweg, in een tegengestelden zin van dien der eerstgemelde draaiënde beweging; de zon besteedt daartoe een jaar, weshalve zij den naam van de jaarlijksche beweging verkregen heeft.

III.

De Beweging en Schijngestalten der Maan. Eclipsen.

Hetgeen met de zon plaats heeft, wordt ook waargenomen aan de maan, en het nauwkeurig letten op de verplaatsingen die deze ondergaat, is zeer dienstig om aan onze voorstelling van de beweging der zon nog meer duidelijkheid bij te zetten. Met het ongewapend oog toch kunnen wij de zon en de sterren niet tegelijk zien; redeneering brengt ons tot het besluit, dat de zon tot deze of gene ster nadert, of zich daarvan verwijdert. Bij de maan daarentegen hebben wij het voordeel, dat zij zich tegelijk met de sterren aan onzen blik vertoont; wij kunnen dus rechtstreeks waarnemen, of haar stand, ten opzichte van de sterren, verandering ondergaat, en welke de richting en mate dier verplaatsing is. Ook is hare beweging, gelijk blijken zal, aan korter tijdvak gebonden, en stelt ons derhalve in staat ze spoediger te leeren kennen. Wij willen die beweging eerst in het algemeen, met opzicht tot ons, daarna meer bijzonder in hare verhouding tot die der sterren, en eindelijk in haar verband met die der zon, nagaan.

De maan komt, evenals de sterren, op aan de oostzijde van den horizon; zij rijst in het zuiden het hoogst en daalt weder aan de westzijde naar beneden; zij deelt dus in de dagelijksche beweging van de sterren en de zon. Maar reeds binnen een paar dagen kunnen wij duidelijk ontwaren, dat zij bovendien een eigen beweging heeft. Is zij den eersten avond bijv. omstreeks 7 uren opgekomen, en tegen middernacht in het zuiden het hoogst geklommen, dan zien wij haar

de volgende avonden al later opkomen en ook later haren hoogsten stand bereiken. Soms is zij nauwelijks een kwartier, soms daarentegen ook wel om en nabij anderhalf uur achterlijk bij zon en sterren. Door elkander kan men het bedrag op iets minder dan een uur stellen; terwijl de zon, gelijk wij zagen, niet meer dan 4 minuten verschil met de sterren oplevert. Hebben wij voorts de maan den eersten dag in een bepaald punt van den horizon zien opkomen, den volgenden dag reeds zal het merkbaar zijn, dat het punt van opkomst meer links is gelegen, en dat even zoo het punt, waar zij aan den westkant ondergaat, reeds meer rechts ligt van het punt, waar zij den vorigen dag onderging. Die verschuiving neemt van dag tot dag toe; de tijden, waarop zij opkomt, zich in het zuiden vertoont en ondergaat, komen dagelijks later. Ook de hoogte, waarop zij zich in het zuiden vertoont, wordt weldra aanmerkelijk grooter, maar dit laatste duurt niet langer dan 14 dagen. Wél blijft zij steeds later en later opkomen en ondergaan, maar de punten van opkomen en ondergaan naderen weder tot het zuiden, en tegelijk vertoont zij zich in het zuiden weder minder hoog; na $27^1/_3$ dag eindelijk is zij genoegzaam in dezelfde punten teruggekomen, waar wij haar eerst gezien hebben. De veranderingen in plaats zijn dus van gelijken aard als bij de zon; maar in stede van $365^1/_4$ dag heeft de maan maar $27^1/_3$ dag noodig, om ze alle te doorloopen. Zij volgt een spiraal, die uit 14 opklimmende windingen en uit 14 afdalende bestaat. Het beschrijven van die spiraal door de maan kunnen wij ons dus ook voorstellen als te zijn samengesteld uit een dagelijksche omwenteling, waarin zij met den geheelen sterrenhemel deelt, en uit een gedurige verandering van plaats aan dien sterrenhemel, ook in tegenovergestelden zin, van het westen naar het oosten, volgens een loopbaan die, bijkans evenveel als de zonsweg, schuins staat ten opzichte van de kringen waarin de sterren haren dagelijkschen loop volbrengen. De juistheid van dit besluit blijkt duidelijk, wanneer wij niet enkel in 't algemeen op haren stand met betrekking tot ons letten, maar tevens een dagelijksche vergelijking in het werk stellen met de sterren in welker nabijheid wij haar zien.

In het gezegde ligt mede reeds opgesloten, dat de maan ook ten

opzichte der zon van plaats moet veranderen, en wel zoo, dat zij, links van de zon zich bevindende, hoe langer zoo verder van deze zich verwijdert, dat zij na eenigen tijd recht tegen haar overstaat, en daarna, van de rechter hand af, hoe langer hoe dichter bij haar moet komen. Ook dit besluit wordt door de waarneming bevestigd. Van den tijd af dat zij dicht bij de zon is, tot zij er den tweeden keer weer dicht bij komt, verloopen $29\frac{1}{2}$ dag, dus $2\frac{1}{6}$ dag meer dan voor haar terugkomen tot dezelfde ster. Dat die tijd langer is, spreekt van zelf, daar de zon in de $27\frac{1}{3}$ dag insgelijks naar het oosten verschoven is, en de maan dus nog zooveel meer weegs moet afleggen eer zij de zon weer inhaalt.

Bij die verplaatsing, ten opzichte der zon, neemt men een merkwaardige verandering in het voorkomen der maan waar; een verandering, die in verband blijkt te staan met haren stand ten opzichte van de zon. Om dit behoorlijk na te gaan, moeten wij beginnen haar te volgen onmiddellijk na zulk een dag dien wij in den almanak opgegeven vinden als een dag van nieuwen maan; dan zien wij haar 's avonds bij zonsondergang op een kleinen afstand links van de zon en dus in het westen. Zij gaat spoedig na de zon onder, en vertoont zich sikkelvormig en smal, en wel zoo, dat de bolle kant rechts van ons en dus naar de zon gekeerd is. Den volgenden dag vinden wij haar des avonds, bij zonsondergang, wat verder van de zon af, dus meer naar het zuiden en wat hooger aan den hemel; zij blijft nog een weinig langer zichtbaar en gaat nagenoeg een uur later onder dan den eersten dag; zij is nu iets breeder geworden. De volgende avonden wordt de tijd dien zij na zonsondergang zichtbaar is, al langer en langer. Na 7 dagen zien wij haar bij zonsondergang pas in het zuiden staan; zij is dus weer veel verder links van de zon, en vertoont zich nu nagenoeg als een halve schijf; men zegt dan, dat het eerste kwartier is. Den 8sten dag wordt de maan ook aan de linker zijde bol, hetgeen vervolgens al meer en meer het geval wordt; na 14 dagen is zij geheel rond. Alsdan komt zij eerst op omstreeks den tijd van zonsondergang; zij staat des nachts te 12 uren in het zuiden en gaat omstreeks 12 uren na de zon, dus des morgens, onder; wij zeggen dan, dat het volle maan is. Daarop,

terwijl zij al later en later in het zuiden komt, begint de schijf aan de andere zijde af te nemen; den 21sten dag komt zij eerst om middernacht op, en bereikt des morgens omstreeks 6 uren het zuiden. Nu vertoont zij zich weder als een halve schijf, maar juist andersom geplaatst dan den 7den dag; men zegt dan, dat het laatste kwartier is. Vervolgens wordt zij hol aan de rechter zijde en komt zij eerst tegen den morgen op; wij zien haar vóór zonsopgang in het oosten, rechts van de zon en wederom is het de naar de zon toegekeerde zijde van de maanschijf, die zich als geheel rond voordoet. Eindelijk komt zij nog maar kort vóór de zon op en wordt zeer smal, totdat zij op den 28sten of 29sten dag onzichtbaar wordt. Blijkbaar bevond zij zich toen weer nabij de zon; een paar dagen later toch bemerken wij, dat zij deze voorbijgegaan is en op nieuw links daarvan staat. Wij moeten haar dan ook niet des morgens in het oosten zoeken, maar des avonds; want, daar zij links van de zon staat, komt zij eerst na de zon op, en laat zich alzoo des morgens niet gemakkelijk vinden; des avonds daarentegen zal men haar, als het donker wordt, in het westen zien, daar zij eerst na de zon ondergaat.

Dezelfde verschijnselen herhalen zich nu weder op dergelijke wijze als bij den vorigen omloop der maan. De veranderingen in haar voorkomen, die een ieder reeds ontelbare malen opgemerkt zal hebben, noemt men hare schijngestalten. Uit al het voorgaande laten zij zich zeer licht verklaren, als men maar aanneemt, dat de maan geen eigen licht heeft, en enkel aan het licht, dat zij van de zon ontleent en ons toezendt, gezien kan worden, en als men voorts weet, dat de maan altijd op veel dichter afsfand zich van ons bevindt dan de zon, 't geen ons later blijken zal. Immers dan is het duidelijk, dat bij nieuwe maan, wanneer beide hemellichamen schijnbaar in elkanders nabijheid zich bevinden, de verlichte zijde der maan geheel van ons afgewend, bij volle maan daarentegen geheel naar ons toegekeerd is. In de kwartieren wordt de maan ten onzen opzichte van ter zijde door de zon beschenen, en vandaar het gewijzigd aanzien dat zij dan vertoont. Wanneer wijders bij nieuwe maan deze niet enkel in het algemeen tusschen de zon en de aarde in ligt, maar zoo, dat zij de zonneschijf geheel of gedeeltelijk aan den waarnemer onttrekt, dan

noemen wij dat een zonsverduistering. Het is klaar, dat het daarbij gansch niet onverschillig is, waar zich de waarnemer ergens op den aardbol bevindt. Zoo is de groote zonsverduistering van den 28sten Juli 1851 ten onzent niet op geheel hetzelfde tijdstip, en ook niet zoo fraai, te zien geweest als bijv. te Koningsbergen en op andere meer noordelijk gelegen plaatsen. Men heeft ook maansverduisteringen. Deze verschillen in menig opzicht van de reeds genoemde. Zij vallen omstreeks den tijd der volle maan, als deze zoo na in dezelfde richting met zon en aarde zich bevindt, dat zij geheel of gedeeltelijk in de schaduw geraakt, die de aardbol achter zich werpt. Daaruit gevoelt men reeds, dat allen die, wáár ook op aarde, een zelfde maansverduistering aanschouwen, haar geheel op dezelfde wijze en op hetzelfde oogenblik zien. Wij kunnen dit, door een zeer eenvoudig voorbeeld, uit het dagelijksch leven ophelderen. Als de tooverlantaren in een donkere kamer een wit laken verlicht, en alle aanwezigen zóó geplaatst zijn, dat zij er 't oog op hebben en het goed kunnen zien, dan zal iemand, die tusschen hen en het laken voorbij loopt, een verduistering als die der zon veroorzaken, die voor een ieder, naar tijd en wijze, verschillen zal, welk verschil afhankelijk is van de plaats, die hij in de kamer inneemt. Maar brengt iemand een schuif voor de tooverlantaren, zoodat hij het licht belet op het laken te vallen, dan wordt het voor allen tegelijk donker, en ziedaar, wat bij de maansverduistering het geval is.

IV.

Vorm en afmetingen van de Loopbaan van Zon en Maan. Grootte dier Lichamen zelven.

Het is ons gebleken, dat de hemellichamen zich dagelijks in kringen rondom de aarde schijnen te bewegen; dat de zon en de maan bovendien een eigen beweging vertoonen, ten gevolge waarvan zij, door de sterren heen, kringen beschrijven in een tegengestelden zin van dien der dagelijksche omwenteling. De vraag is nu: welke mag wel de juiste gedaante en grootte dier kringen zijn?

Als wij, door den schijn geleid, de plaats waar wij ons bevinden als

het gemeenschappelijk middelpunt denken van een bolvormigen sterrenhemel, dan sluit dat in, dat wij alle sterren met zon en maan op een zelfden afstand van ons verwijderd aannemen. Maar zulk een voorstelling kan ons geenszins bevredigen. Immers, 't is zeer wel mogelijk, en het tegendeel zou zelfs tot de groote onwaarschijnlijkheden behooren, dat die afstanden onderling aanmerkelijk verschillen, zoodat de rondgaande loopbanen een oneindige verscheidenheid van in zich zelven weerkeerende of zoogenaamd gesloten kromme lijnen opleveren, en wij, zoo er al cirkels onder mochten voorkomen, geenszins het middelpunt daarvan innemen. Dat wij een paar sterren dicht bij elkander waarnemen, levert toch volstrekt nog geen bewijs op, dat zij werkelijk in elkanders nabijheid zich bevinden; wij zien ze alleen in bijna dezelfde richting, maar de eene kan ten onzen opzichte een ontzaglijk eind achter de andere staan. Hoe zullen wij nu het nadere daaromtrent ontdekken? Vooreerst de hoek waaronder een zelfde voorwerp zich aan ons vertoont, zal ons, mits wij van elders de grootte kennen, over den afstand kunnen doen oordeelen. En bijaldien de werkelijke grootte ons ten eenenmale onbekend is, zal de verandering in schijnbare grootte, dat is de verandering in bovengemelden waarnemingshoek, ons iets omtrent de wet kunnen leeren, volgens welke in de verschillende richtingen de afstanden toe- of afnemen, en hieruit liet zich dan de gedaante der wegen afleiden.

Passen wij dit nu op de hemellichamen toe, dan bemerken wij al dadelijk, dat het ons bij de vaste sterren niet het minste baat. Alle toch doen zich nooit anders dan als lichte stippen voor, dus onder geen waarneembare hoeken. Met zon en maan daarentegen, die wij in den vorm van cirkelronde schijven aanschouwen, is dat niet het geval.

Vestigen wij onze aandacht op de zon, om met deze te beginnen, op verschillende dagen van het jaar en op verschillende tijden van den dag, zoo doet zij zich des morgens en des avonds, als zij zeer nabij den horizon staat, blijkbaar grooter voor dan 's middags. Dat dit zich nu op andere dagen even zoo vertoont en dat voorts hare schijnbare grootte alle dagen dezelfde blijft op den middag, daaruit zou volgen, dat de zon 's morgens en 's avonds dichter bij ons is, dan 's middags, en dat zij voor 't overige op verschillende dagen van het

jaar even ver van ons af staat, of met andere woorden, dat hare dagelijksche beweging geen cirkel is en hare jaarlijksche daarentegen met een cirkel zeer veel overeenkomst heeft. Dit besluit is echter niet te vertrouwen; immers wij weten dat hier gezichtsbedrog bestaat. Om zekerder te gaan, dienen wij ons niet enkel met zien te vergenoegen, maar wij moeten de hoegrootheid van den hoek meten, waaronder wij de zon zien. Men heeft zulke metingen inderdaad gedaan met toestellen, die wij hier niet kunnen beschrijven, en daardoor is gebleken, dat het eenvoudig gezicht ons op een dwaalweg bracht; want men heeft nu geheel iets anders gevonden, te weten: dat de zon 's morgens, 's middags en 's avonds inderdaad onder gelijken gelijken gezichtshoek wordt waargenomen, maar dat die gezichtshoek in den loop van het jaar geregeld verandert, en wel gedurende zes maanden grooter en gedurende de overige zes maanden kleiner wordt, zoodat, na verloop van een geheel jaar, de schijnbare grootte wederom is als aanvankelijk. Het verschil tusschen den grootsten en kleinsten gezichtshoek bedroeg omstreeks $\frac{1}{3}\frac{1}{2}$, en uit deze metingen volgt derhalve, dat bij de dagelijksche schijnbare omwenteling de zon zich inderdaad als in een cirkel om ons heen beweegt; dat daarentegen bij de jaarlijksche beweging, de zon niet altijd op denzelfden afstand van ons blijft. Een van beiden moet dus het geval zijn. Zij beweegt zich in een cirkel, maar dan zijn wij althans niet in het middelpunt daarvan geplaatst, of wel hare loopbaan is een kromme lijn van een andere gedaante. Immers de afstand van ons oog tot aan de zon, als zij zich het dichtst bij ons bevindt, laat zich nu vergelijkenderwijs berekenen en is omstreeks $\frac{1}{30}$ kleiner dan de verste afstand. Beide die plaatsen liggen vlak tegenover elkander; de zon toch besteedt juist een half jaar om allengs van den eenen stand tot den anderen over te gaan; de helften der langwerpig ronde loopbaan, in welker middelpunt wij ons echter evenmin bevinden, zijn dus gelijk van vorm.

De maan schijnt, evenals de zon, bij haar opkomen en ondergaan aanmerkelijk grooter, dan wanneer zij hoog in het zuiden staat; maar de metingen hebben geleerd, dat ook hier de schijn bedriegt, en zelfs is gebleken, dat zij zich in het oosten en het westen inderdaad onder een kleiner gezichtshoek vertoont dan in het zuiden; zij beschrijft

bijgevolg geen cirkel om ons heen bij hare dagelijksche omwenteling. Verder hebben de metingen geleerd, dat de gezichtshoek van dag tot dag, gelijk bij de zon, geregeld verandert. Hij neemt toe gedurende $13\frac{2}{3}$ dag, en even bestendig af gedurende de volgende $13\frac{2}{3}$ dag; de grootste gezichtshoek is omstreeks $\frac{1}{7}$ meer dan de kleinste; de maan beschrijft dus ook óf een cirkel, waarvan wij ons niet in het middelpunt bevinden, óf een lankwerpig rond. Het laatste nu is ook het geval bij de maan; maar zoowel bij haar als bij de zon verschillen de loopbanen toch weinig van een cirkel. Want de kleinste middellijn der zonsbaan, die loodrecht op de grootste staat, is minder dan $\frac{1}{70\,00}$ korter dan deze, zoodat dit op een kleine schaal niet kan worden voorgesteld, daar het op een lengte van 7 M. maar één m.M. zou uitmaken. Voor de maan bedraagt dat verschil nog $\frac{1}{66\,\frac{1}{2}}$, dat evenwel ook niet veel is, immers maar één m.M. op ruim 66 c.M.

Na een denkbeeld te hebben verkregen van de gedaante der loopbanen van zon en maan, kunnen wij nu verder gaan en vragen: op welk een afstand zijn die hemellichamen wel van ons verwijderd? En hoe groot moeten wij ze ons wel voorstellen? Beide deze vragen nemen wij tezamen, omdat zij in een nauw verband staan. Uit de schijnbare grootte toch waaronder wij eenig voorwerp waarnemen, kan men, gelijk wij reeds aanmerkten, bijaldien de werkelijke grootte gegeven is, den afstand opmaken, maar ook omgekeerd, zoodra de afstand bekend is, de werkelijke grootte berekenen.

Dat nu de afstanden, waarop zon en maan van ons staan, niet gering zijn, kunnen wij daaruit reeds besluiten, dat wij de wolken er altijd voorbij en nooit achter om heen zien drijven. Een andere omstandigheid, die ons een aanmerkelijken afstand doet vermoeden, is, dat als wij gaan, rijden of varen, zon en maan altijd met ons mede schijnen te gaan, blijkbaar omdat zij zóó ver af zijn, dat het eind weegs, dat wij afleggen, geen merkbare verandering teweegbrengt in de richting, waarin wij ze zien, dus in vergelijking van den afstand, waarop zij zich van ons bevinden, als niets te beschouwen is. Op hoe meer van elkander verwijderde plaatsen op aarde nu de zon bijv. op een zelfde oogenblik waargenomen wordt, des te meer kans bestaat er om een richtingsverschil te ontdekken, en tot een schatting te ge-

raken van haren afstand, en zoo heeft men dan door nauwkeurige metingen, waaromtrent wij hier niet in bijzonderheden kunnen treden, een stellige uitkomst weten te verkrijgen. Men is thans zeker, dat de gemiddelde afstand der zon 12000 malen zoo groot is als de middellijn der aarde, zoodat een voetganger, die dag en nacht door ging, om dien afstand af te leggen meer dan 31 eeuwen behoeven zou; een spoortrein, die een spoed had van bij de 9 uren in het uur, zou er nog 350 jaren toe noodig hebben; het geluid zou bij de 15 jaren vereischen, en het licht legt dien afstand werkelijk af in iets meer dan $8\frac{1}{4}$ minuut.

Op een zelfde wijze is men te weten gekomen, dat de maan veel dichter bij ons is, en dat haar afstand maar 30 middellijnen der aarde bedraagt. De maan is dus 400 maal dichter bij de aarde dan de zon.

Zoodra men beider afstand kende, kon men nu ook hare ware grootten gemakkelijk vinden. Dat die grootten veel verschillen, blijkt daaruit, dat de twee hemellichamen zich schijnbaar even groot aan ons voordoen, in weerwil van de zeer onderscheiden afstanden. Nauwkeurige metingen hebben geleerd, dat de maan kleiner is dan de aarde; hare middellijn bedraagt $\frac{27}{100}$ van die der aarde; de zon daarentegen heeft een middellijn, die 112 malen die der aarde overtreft. Om ons deze grootten en afstanden nog duidelijker voor te stellen, kunnen wij ons van het volgende bedienen, hetgeen uit de opgegeven getallen volgt. Als wij ons de aarde in het middelpunt der zon geplaatst denken en de maan zoo ver van haar af als zij werkelijk van ons verwijderd is, dan zou deze nagenoeg ter helft tusschen het middelpunt der zon en haar oppervlak gelegen zijn.

Op hoe verbazend een afstand de zon ook van de aarde geplaatst zijn moge, de vaste sterren zijn nog veel verder van ons verwijderd.

V.

De Zon staat stil, de Aarde beweegt zich.

Wij zagen, dat bij de dagelijksche beweging alle hemellichamen in 24 uren tijds een kring rondom de aarde beschrijven. Wij weten nu, dat die kringen, voor zon en maan althans, nagenoeg cirkels zijn, en dat wij ons die cirkels zeer groot moeten voorstellen; want de

gevonden afstanden van 30 aardmiddellijnen voor de maan, en van 12000 aardmiddellijnen voor de zon, zijn de afstanden van het middelpunt tot aan de omtrekken, en die omtrekken zelve zijn ruim $6\frac{1}{4}$ malen zoo groot. De maan doorloopt dus elke 24 uren een weg van meer dan $6\frac{1}{4} \times 30$ of 188 aardmiddellijnen, dat is ruim 323000 geogr. mijlen; zij moet daartoe in elke secunde tijds niet minder dan $3\frac{2}{3}$ K.M. doorloopen, dat inderdaad een verbazende snelheid is, want de snelste stoomwagen legt in een uur niet meer dan 7 K.M. weegs af. En die snelheid is nog gering in vergelijking van die der zon; want als men uitrekent hoe groot haar dagelijksche weg of de omtrek van haren cirkel is, dan vindt men daarvoor 130,000000 geogr. mijlen, hetgeen voor elke secunde tijds een weg van niet minder dan 1500 K.M. of ruim 11 millioen M. geeft, een snelheid, die inderdaad al de ons bekende snelheden zeer verre tebovengaat. Nemen wij nu hierbij in aanmerking, dat het lichaam, hetwelk met die ontzettende snelheid dagelijks om onze aarde zou loopen, 112 malen grooter is dan die aarde, dat dus het veel grooter lichaam om het veel kleiner rondloopt, dan komen wij er als van zelf toe, om ons af te vragen, of dat alles werkelijk wel zoo zijn zou als het zich aan ons vertoont?

En waarlijk is er grond, om die vraag te doen. Wel zien wij de zon, maan en sterren dagelijks om ons heen bewegen; maar wij meenen ook in andere gevallen bewegingen te bespeuren, die toch inderdaad niet geschieden, bij welke wij met zekerheid weten, dat niet die lichamen, maar dat wij zelven het zijn, die van plaats veranderen. Vroeger reeds hebben wij voorbeelden van zoodanige schijnbare beweging opgemerkt, en wij kunnen dus ook hier vragen: zou het misschien de aarde zijn, die zich beweegt, terwijl de zon en andere hemellichamen stilstaan? Het is niet moeielijk, ons een beweging der aarde te denken, juist zulk een als hier vereischt wordt, om de schijnbare beweging der hemellichamen, die wij waarnemen, teweeg te brengen. Denken wij ons, dat de aarde om een as wentelt, en dat die omwenteling van het westen naar het oosten plaats vindt, dan hebben wij een beweging, die veel eenvoudiger is dan de tot nu toe onderstelde; ten gevolge van zulk een beweging, moeten de zon en sterren ons toeschijnen kringen om ons heen te beschrijven van het oosten naar het westen.

Tusschen de beide bewegingen is vooreerst dit verschil, dat, als de zon zich beweegt, deze elken dag een zeer grooten cirkel moet afleggen, terwijl, indien het de aarde is, die zich beweegt, zij in dienzelfden tijd een veel kleiner weg heeft af te leggen. Doch er is nog een tweede verschil. Als het de zon is, die zich beweegt, dan verplaatst zich de geheele zon; is het daarentegen de aarde, dan blijft, bij die dagelijksche omwenteling, haar middelpunt op zijn eigen plaats, en alleen de punten op het oppervlak draaiën om een lijn door dat middelpunt rond. Het eerste is een algeheele verplaatsing in de ruimte, het tweede alleen een omwenteling, waarbij de aarde, in haar geheel genomen, niet van plaats verandert. De onderstelling, dat het de aarde is, die zich beweegt, is ook daarom eenvoudiger, omdat dan de beweging van één lichaam toereikend is, om de dagelijksche beweging van al de hemellichamen te verklaren, terwijl indien het deze zijn, die zich bewegen, wij ons geheel het ontzaglijk sterrenheir als in beweging moeten denken. Wat het eenvoudigst is in de voorstelling, heeft inderdaad ook in de werkelijkheid plaats; het is echter niet wel mogelijk hier te verklaren, hoe men de volledige zekerheid daarvan heeft kunnen verkrijgen. Alle verschijnselen, die uit die dagelijksche beweging der aarde moeten voortvloeiën, en die op andere plaatsen der aarde anders zijn dan bij ons, stemmen daarmede overeen. Om maar één voorbeeld te noemen, dat tevens ter aanvulling moge strekken van hetgeen vroeger gezegd is: de dampkring deelt in die dagelijksche omwentelende beweging; maar vermits de punten op den evenaar het snelst zich bewegen wegens den grooteren afstand van de as der aarde, zal de lucht, die van het noorden en zuiden naar de plaatsen op de linie toeschiet, in de wentelende beweging ten achteren raken, en ziedaar de oorzaak van de oostelijke richting der passaatwinden.

Nadat men gevonden had, dat de dagelijksche beweging niet aan de andere hemellichamen, maar aan de aarde toekomt, was het natuurlijk, dat men verder ging, en ook ten opzichte van de jaarlijksche beweging der zon en de maandelijksche beweging der maan, die in $29\frac{1}{2}$ dag schijnt rond te loopen, gevraagd heeft, of ook die misschien enkel schijnbaar waren, en insgelijks aan een beweging der aarde moesten worden toegeschreven? Het onderzoek daarop

ingesteld, heeft het volgende geleerd. De jaarlijksche beweging der zon is ook maar schijnbaar; het is de aarde, die in $365\frac{3}{4}$ dag een kring om de zon beschrijft, of, om nauwkeuriger te spreken, het middelpunt der aarde beschrijft dien kring in zoovele dagen, terwijl de as der aarde zich daarbij een weinig verplaatst, in dier voege echter, dat zij altijd denzelfden schuinschen stand op het oppervlak der loopbaan behoudt. De aarde zelve heeft dus een dubbele beweging; zij wentelt om hare as en loopt tevens om de zon; die bewegingen geschieden met zulk een snelheid, dat zij $365\frac{1}{4}$ omwentelingen om hare as volbrengt in den tijd, waarin zij eens om de zon heenloopt.

De eigen beweging der maan is een werkelijke beweging. Deze loopt inderdaad in $27\frac{1}{3}$ dag om de aarde rond, maar tegelijk met de aarde om de zon. Zij volbrengt dus iets meer dan 13 omloopen om de aarde, in denzelfden tijd, waarin zij met deze éénmaal om de zon rondloopt.

Eindelijk hebben wij nog te vermelden, dat er onder de sterren eenige weinige gevonden worden, die ook een zeer in het oog vallende eigen beweging hebben, dus geen vaste sterren zijn; die noemt men planeten. Zij beschrijven mede kringen om de zon, die zeer weinig van cirkels verschillen; en zij bevinden zich op afstanden van de zon, die ten opzichte van den afstand der aarde een vergelijkbare grootte hebben. De meest zichtbare daarvan zijn van de vaste sterren te onderscheiden, deels door hare groote helderheid, deels daardoor, dat wij ze nu eens bij deze vaste sterren, dan weer bij gene aantreffen. Die planeten zijn ook bolvormige lichamen. Soms ziet men aan den hemel sterren met een flauw licht en flauw lichtende staart. Dat zijn staartsterren of kometen. Zij loopen om de zon in kringen, die zeer veel van cirkels verschillen; zij zijn dan eens dichtbij onze aarde en de zon, dan zeer ver van de aarde en de zon verwijderd en daardoor dan eens voor ons zichtbaar, dan weder soms jaren lang onzichtbaar. Al die planeten zijn veel kleiner dan de zon.

De zon met al de planeten, die om haar loopen, en de manen of wachters, die weder om deze wentelen, en met de kometen noemt men te zamen het zonnestelsel.

Uitgaven van A. W. SIJTHOFF, te Leiden.

P. J. Andriessen, De Prins en Johan de Witt, of ons land in hettweede tijdperk der eerste Stadhouderlooze regeering . . . . . Ing. *f* 0.90, Geb. *f* 1.20

P. J. Andriessen, Het huisgezin van den Raadpensionaris, of hoe de Stadhouderlooze Regeering een einde nam, 1668—1672 . . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

P. J. Andriessen, Adolf en Clara, of hoe ons land een Republiek werd, 1564—1584 . . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

P. J. Andriessen, De Weezen van Vlissingen, 1609—1648 . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

P. J. Andriessen, De Zoon van den Zeeroover, of hoe de Nederlandsche Republiek groot werd, 1584—1609 . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

P. J. Andriessen, De Vrijheidsoorlog of de opstand der Batavieren, 69—70. . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

P. J. Andriessen, De Schildknaap van Gijsbrecht van Aemstel. Een verhaal uit den laatsten tijd van het Hollandsche huis, 1295—1304 . . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

Suze Andriessen, Warech, Geschiedkundig verhaal van den eersten kruistocht met 4 gekl. platen . . . . . Geb. „ 1.20

E. Gerdes, De Kanten Zakdoek, met 4 gekl. platen . . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

E. Gerdes, De verloren Schuldbekentenis, met 4 gekl. platen . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

E. Gerdes, Jan van Diemen, met 4 gekl. platen. . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

E. Gerdes, Rosa Fluweeltje, met 4 gekl. platen . . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

E. Gerdes, Christelijk leven, met 4 gekl. platen. . . . . Ing. „ 0.90, Geb. „ 1.20

E. Gerdes, Erix en Fella, met 2 gekl. plaatjes . . . . . Ing. „ 0.45

E. Gerdes, Het Gouden Oorijzer der Friezen, met 2 gekl. plaatjes. . . . . Ing. „ 0.45

E. Gerdes, De Zwarte Wolf, met 2 gekl. plaatjes . . . . . Ing. „ 0.45

E. Gerdes, De Valkenier van den Vogelenzang, met 2 gekl. plaatjes . . . . . Ing. „ 0.45

E. Gerdes, Jonker Willem van Arkel, met 2 gekl. plaatjes . . . . . Ing. „ 0.45

E. Gerdes, De strijd om eene Kroon, met 2 gekl. plaatjes . . . . . Ing. „ 0.45

Hoffmann's Verhalen voor de jeugd. Vertaald door Susanna, onder toezicht van P. J. Andriessen. 18 deelen.

Deel 1. Het huis in de Peterstraat. Trouwe vrienden. De brandewijnverkoopster . . . . . Ing. *f* 0.50, Geb. *f* 0.80

„ 2. Ongedachte uitkomst. Onder de Indianen . . . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 3. Dami Waldhuber en zijn zoon. Vader Wertheim . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 4. Steeds onverschrokken. Hoe 't Wolf en Anton in 't Goudland ging . . . . . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 5. François Dumourier. Getrouw aan zijn vorst . . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 6. In allerlei gevaren. Altijd tevreden . . . . . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 7. Hugo en Pierre. Het kasteel Morenci . . . . . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 8. Eene kerstvertelling. In de Noordpoolstreken. . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 9. De verbeterde deugniet. In het nieuwe vaderland. Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 10. Al zouden de raven het uitbrengen. Wisselingen der fortuin . . . . . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 11. Onder vagebonden. Levensstormen . . . . . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 12. Erich. In 't groote leger . . . . . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 13. De kleinzoon van Mylord. Uit den dertigjarigen oorlog . . . . . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 14. Oom Kolbe en zijne neven. In het Jura-gebergte . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 15. Verschillende menschen. Een Grieksche geschiedenis . . . . . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 16. Op den Oceaan. Een flinke jongen. . . . . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 17. Ondervinding maakt wijs. Wat geld vermag. . . Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

„ 18. De visscher en zijn gezin. Uit de Fransche revolutie Ing. „ 0.50, Geb. „ 0.80

Uitgaven van A. W. SIJTHOFF te Leiden.

P. MOLENBROEK:

Lezen, Schrijven en Taal,	Leesoefeningen, 1e stukje	f	0.20
„ „ „	Leesoefeningen, 2e stukje	„	0.20
„ „ „	Leesoefeningen, 3e stukje	„	0.25
„ „ „	Leesoefeningen, 4e stukje	„	0.25
„ „ „	Eerste leesboek over de Kennis der Natuur	„	0.45
„ „ „	Tweede leesboek over de Kennis der Natuur	„	0.45
„ „ „	Eerste leesboek over de Aardrijkskunde	„	0.45
„ „ „	Tweede leesboek over de Aardrijkskunde	„	0.45
„ „ „	Eerste leesboek over het Rekenen	„	0.45
„ „ „	Tweede leesboek over het Rekenen	„	0.45
„ „ „	Leesboek over de Vormleer	„	0.45
„ „ „	Spelling, Samenstelling, Afleiding en Scheiding der Woorden, Scheiding der Zinsdeelen en zinnen	„	0.45
„ „ „	Ontleden, 1e stukje	„	0.45
„ „ „	Ontleden, 2e stukje	„	0.45
„ „ „	Verbuigen en Vervoegen, 1e stukje	„	0.45
„ „ „	Verbuigen en Vervoegen, 2e stukje	„	0.45
„ „ „	Handleiding voor den Onderwijzer, 1e stukje	„	0.75
„ „ „	Handleiding voor den Onderwijzer, 2e stukje	„	0.65
„ „ „	Handleiding voor den Onderwijzer, 3e stukje	„	0.85
„ „ „	Handleiding voor den Onderwijzer, 4e stukje	„	1.10
Beginselen van de Kennis der Natuur,	I, Eerste Stukje	„	0.45
„ „ „ „ „	I, Tweede Stukje	„	0.30
„ „ „ „ „	II, Eerste Stukje	„	0.45
„ „ „ „ „	II, Tweede Stukje	„	0.45
			0.80
			0.80
			0.15
			0.50

201729_043

mole042begi01

Beginselen van de kennis der natuur. Derde jaarkring. Tweede stukje